



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

E.A.P. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Diseño e implementación de un plan de mantenimiento en
una empresa de transporte de carga**

TESINA

Para optar el Título de Ingeniero Industrial

AUTOR

Yasser Hipólito Yarín Achachagua

LIMA – PERÚ
2014

AGRADECIMIENTO

A mis padres por todo su amor y consejos para alcanzar cada meta propuesta en la vida.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I: ANTECEDENTES Y CONTEXTO.....	4
1.1. Situación Problemática.....	4
1.2. Identificación del Problema.....	11
1.3. Formulación del Problema	13
1.4. Justificación.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. Bases Teóricas	16
2.1.1. Definición de Mantenimiento	16
2.1.2. Índices de Mantenimiento	17
2.1.3. Tipos de Mantenimiento	21
2.1.4. Importancia del Mantenimiento	22
2.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)	23
2.2.1. Antecedentes del MCC.....	23
2.2.2. Las siete preguntas básicas para el análisis del M.C.C.	25
2.2.3. Contexto Operacional	26
2.2.4. Funciones y estándares de funcionamiento.....	27
2.2.5. Fallas y fallas funcionales	29
2.2.6. Modos de fallas.....	30
2.2.7. Efectos de fallas	30
2.2.8. Consecuencias de las fallas	30
2.2.9. Factibilidad, técnica y tareas proactivas.....	31
2.3. Análisis de Modo y Efectos de Fallas	32
2.3.1. Hoja de información	32
2.3.2. Hoja de decisión	33
2.4. Análisis de Criticidad	36
2.5. Descripción de los camiones de carga	37

2.5.1.	Sistema de Lubricación	39
2.5.2.	Sistema de Enfriamiento	40
2.5.3.	Sistema de combustible	41
2.5.4.	Sistema de Aire	42
2.5.5.	Sistema de Escape	43
2.5.6.	Sistema Eléctrico.....	43
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA		44
3.1.	Tipo de investigación	44
3.2.	Población y muestra	45
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
CAPITULO IV: RESULTADOS Y RECOMENDACIONES		48
4.1.	Presentación y análisis de datos	48
4.1.1.	Diagnóstico general del mantenimiento.....	48
4.1.2.	Análisis de criticidad de los sistemas.....	52
4.1.3.	Análisis de criticidad humana	56
4.1.4.	Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)	61
4.1.5.	Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas	62
4.2.	Presentación de la propuesta de mejora.....	63
4.2.1.	Diseño del Plan de Mantenimiento de la Flota	64
4.2.2.	Programa de mantenimiento	65
4.2.3.	Documentación para el registro de la informacion del mantenimiento	70
4.2.4.	Implementación del plan de mantenimiento	70
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES		74
BIBLIOGRAFÍA		75
ANEXOS.....		77

INTRODUCCIÓN

Con el avance de la economía y el impulso de los sectores construcción, manufactura, transporte, minería e hidrocarburos, entre otros, y el aumento de las grandes obras de inversión en todo el país, la actividad del transporte terrestre de carga registra un notable desempeño, cuya expansión ascendió 6.01% durante el 2011, alentado por el sostenido crecimiento de la economía y el dinamismo de las exportaciones e importaciones, y reflejado en el aumento del tráfico de carga en los distintos tipos de instalaciones, como la portuaria, aeroportuaria y ferroviaria.

En este orden de ideas, el enfoque de mantenimiento en las industrias intenta favorecer los diversos procesos de producción, distribución y comercialización que se presentan a diario; por medio del desarrollo de procesos dinámicos que busquen detectar en el justo momento situaciones que habitualmente eran considerados imposibles de evitar, más aun cuando en la actualidad lo importante está regulado por el interés de entregar en el momento preciso y cumplir a cabalidad con las especificaciones de los clientes internos y externos.

CAPITULO I: ANTECEDENTES Y CONTEXTO

1.1. Situación Problemática

En este trabajo de investigación se estudia y analizan las actividades de mantenimiento y su relación con las actividades de una empresa de transporte de carga con más de 25 años en el mercado, ofreciendo el servicio de transporte de mercadería en general en Costa, Selva y Sierra, con larga trayectoria a la zona nor-oriental y central del Perú, que cuenta con una flota diversificada de vehículos como camiones carreta, frigoríficos y semirremolques (plataformas, furgones, cisternas y tolvas encapsuladas).

Las actividades de la empresa inician con la emisión de la orden de servicio, que contiene los datos del cliente, el tipo de mercadería, cantidad de bultos, características de la mercadería, los puntos de traslado, las fechas de recojo y entrega, el precio del servicio y la forma de pago. El jefe de transporte, en relación a las órdenes de servicio emite las órdenes de carga, determinando el tipo de vehículo y el conductor a cargo del traslado de la mercadería.

La mercadería puede ser recogida de una fábrica, almacén externo o del almacén de la empresa, de ser este el último caso, el jefe de transporte supervisa esta acción. Después que las ordenes se hayan cumplido, el

asistente supervisa que la documentación (guías, facturas, control de pesos y medidas) este conforme.

Antes del traslado, el conductor recibe su hoja de gastos, en el cual se indica los pagos a realizar en ruta, y dinero en efectivo. Iniciado el traslado, las unidades de transporte son controladas a través del sistema de rastreo satelital GPS, además el conductor está en la obligación de informar el avance de su recorrido. Una vez que el conductor llegué a su punto de destino, es responsable de que el personal a cargo de la recepción firme los documentos que confirmen la entrega de la mercadería. Por último con la conformidad se procede a emitir y entregar la factura al cliente. El procedimiento puede variar en algunos procesos según el acuerdo con el cliente.

Dentro de todas las actividades que involucran a las unidades de transporte de carga se puede distinguir el *tiempo de movilización* que es el tiempo en que la unidad se traslada de un lugar a otro, *tiempo de carga y descarga* referido a los tiempos de espera necesaria para cargar o descargar los productos del camión, *espera innecesaria* son los tiempos que las unidades esperan en los patios de las empresas a que les asignen un trabajo o cuando se encuentran esperando algún documento o trámite que les impide salir, *tiempo sin ruta* es el tiempo que la unidad permanece en la empresa de transporte antes de salir a su primer viaje y *tiempo en el taller* que son los tiempos que el carro permanece en el taller por alguna

falla o por mantenimiento, la determinación de todos los tiempos mencionados son necesarios para lograr determinar el índice de utilización de los vehículos, así como la eficiencia de los mismos.

Por ejemplo para el vehículo de placa YG5978, que cubre la ruta Lima-Pucallpa, durante el período de enero a diciembre del 2012, traslado mercadería que varía entre materiales de construcción, productos GLORIA, productos de importación, madera y otros. Uno de los tiempos más importantes en esta ruta es el de espera, debido a que el trámite de las guías puede demorar de uno a más días. El tiempo de movilización varía de acuerdo a la cantidad de viajes que se pueda realizar en el mes. En la siguiente tabla se muestra la distribución de las horas laboradas por el vehículo mencionado.

Tabla 1.1: Distribución De Horas Laboradas Del Vehículo De Placa Yg-5978/ Zi-5056.

Mes	Tiempo sin ruta	Tiempo taller	Tiempo de espera	Tiempo de carga / descarga	Tiempo de movilización	Total laboradas
1	20.5	18.5	40.6	24.5	130	234.1
2	17.5	8.9	50.2	32.5	100.5	209.6
3	13.4	10	20.5	31.2	145.2	220.3
4	24.5	24.3	25.4	25.6	135	234.8
5	28.2	30	32	48.5	96	234.7
6	32.4	5.6	28.7	28.7	138.3	233.7
7	25.4	9.5	40	24.6	133.9	233.4
8	13.9	40.7	38.6	22.5	107.2	222.9
9	20.3	0	26	56.7	120.4	223.4
10	22.1	35.6	40	24.3	104.2	226.2
11	19.8	11.2	25.6	30.2	143.2	230
12	32.4	12.1	39.8	24	113.4	221.7

Fuente: El autor.

El índice de utilización se calcula dividiendo el número de horas de movilización, de espera, de carga/descarga, sin ruta y horas en el taller, cada uno respecto del total de horas laboradas, lo cual mostrará cómo se distribuye el tiempo total laborado, como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

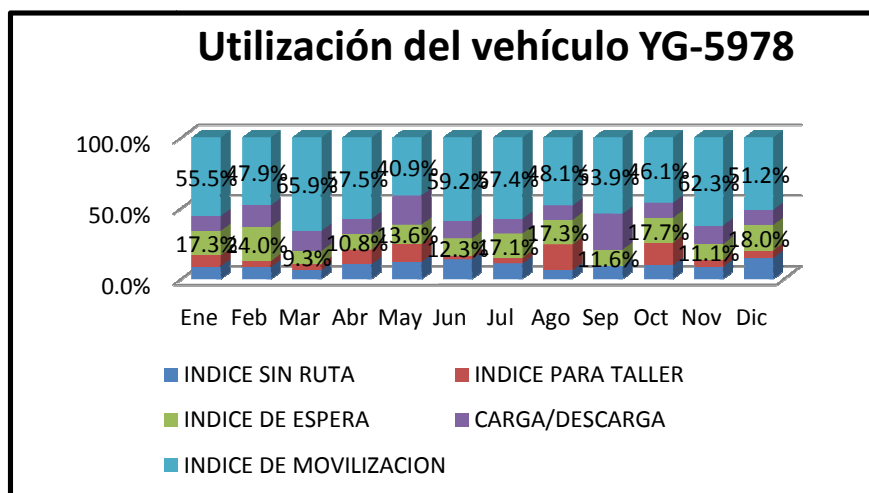


Figura 1: Eficiencia vs Tiempo muerto.

Mediante este indicador se muestra de manera sencilla la distribución del tiempo de los vehículos, resaltando la presencia de un índice considerable de permanencia en el taller de mantenimiento.

La eficiencia de los vehículos se calcula dividiendo el total de horas trabajadas (horas de movilización más horas de carga/descarga) entre el número total de horas laboradas, para el vehículo mencionado la eficiencia mensual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.2: Eficiencia Del Vehículo Yg5978.

Mes	EFICIENCIA	TIEMPO MUERTO
1	66.00%	34.00%
2	63.45%	36.55%
3	80.07%	19.93%
4	68.40%	31.60%
5	61.57%	38.43%
6	71.46%	28.54%
7	67.91%	32.09%
8	58.19%	41.81%
9	79.27%	20.73%
10	56.81%	43.19%
11	75.39%	24.61%
12	61.98%	38.02%

Fuente: El autor.

Con la información calculada se puede elaborar el gráfico que muestra de manera comparativa que existe un porcentaje de tiempo muerto que alcanza un nivel considerable.

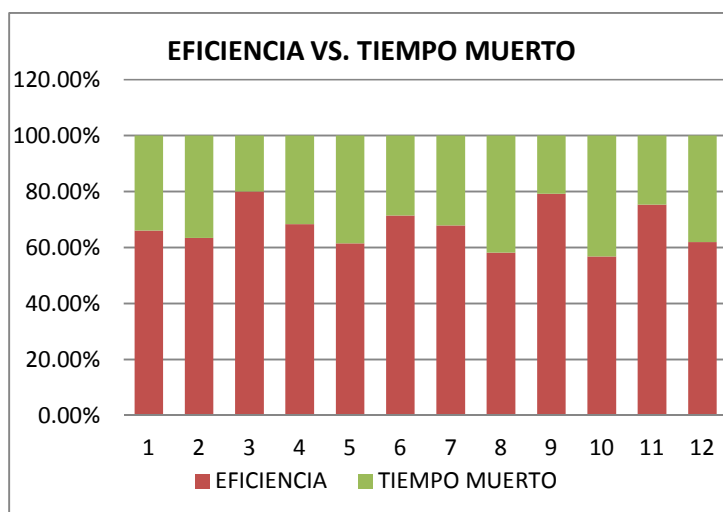


Figura 2: Eficiencia vs Tiempo muerto

Ante una demanda creciente por el transporte de carga y un alto índice de tiempo muerto, son muy pocas las veces que se logran cumplir con las actividades planificadas tal como se puede apreciar en la tabla .., donde se muestra el índice de viajes planificados al mes que llegaron a concretarse.

Tabla 1.3: Cumplimiento de la Planificación.

MES	VIAJES PLANIFICADOS	VIAJES REALIZADOS	CUMPLIMIENTO DE LA PLANIFICACION (%)
1	4	3	75.00
2	3	3	100.00
3	5	3	60.00
4	4	4	100.00
5	3	1	33.33
6	3	3	100.00
7	4	3	75.00
8	3	2	66.67
9	4	2	50.00
10	4	4	100.00
11	3	2	66.67
12	4	2	50.00

Fuente: El autor.

Como se puede observar en el cuadro, los resultados varían mes a mes, lo ideal sería que la cantidad de viajes que normalmente se realicen sea cuatro cada mes, considerando el viaje de ida y el de regreso. En algunas ocasiones el tiempo de espera disminuye por las coordinaciones que se hacen oportunamente, lo que es aprovechado por la empresa al máximo para realizar la mayor cantidad de viajes posibles.

Por otro lado las actividades de mantenimiento se realizan siguiendo recomendaciones del fabricante y experiencia del personal a cargo de los

vehículos, lo que resulta insuficiente para mantener niveles óptimos de disponibilidad de los vehículos y reducir a su vez el índice de tiempo muerto.

Todos los factores descritos hasta el momento, tienen una influencia en los costos involucrados en el servicio de transporte de carga que realiza la empresa. El nivel de incidencia de los rubros de costo involucrados en las actividades operativas durante el año 2012, se ve claramente representado en el gráfico adjunto. En él se puede observar que los costos más altos en los que incurre la empresa está en el consumo de petróleo, el sueldo de los trabajadores, los gastos de mantenimiento y los gastos de reparación, además se puede observar una pequeña incidencia de los gastos por reparación, que podría eliminarse con un plan de mantenimiento adecuado.

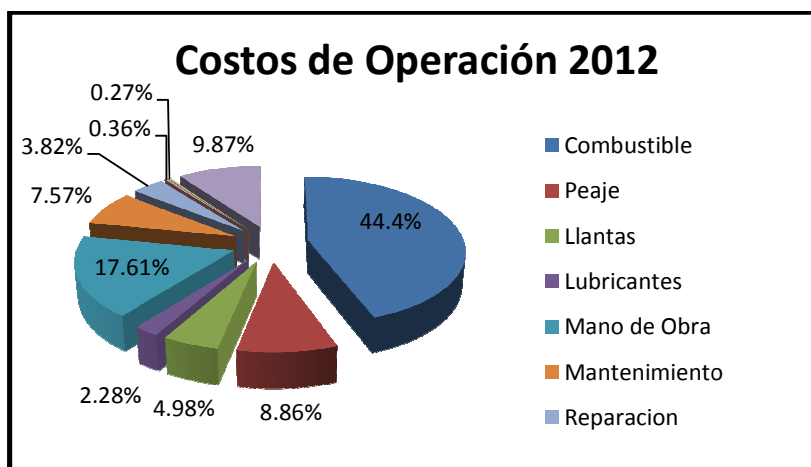


Figura 3: Costos de operación.

Es importante resaltar que los costos de reparación representan casi el 50% de los costos de mantenimiento, por lo que resulta necesario tomar medidas que ayuden a reducir los costos de operación y por lo tanto mejorar las utilidades de la empresa.

1.2. Identificación del Problema

Por lo expuesto hasta este punto, se puede concluir que existe la necesidad de implementar estrategias que permitan desarrollar un plan de Mantenimiento que considere los vehículos de carga pesada como un conjunto de sub-sistemas, entre los cuales se pueden nombrar: Lubricación, Enfriamiento, Combustible, Aire, Escape, Eléctrico y sub-sistemas Especiales. A su vez dichos sub-sistemas tienen diferentes equipos como alternador, arranque, embrague, transmisión, bomba de agua y dirección, una gran cantidad de sensores eléctricos filtros, cabeza de cilindros, válvulas e inyectores, cubierta de balancines, cigüeñal, cojinetes principales, caja de engranes, amortiguador de vibración del cigüeñal, polea del cigüeñal, volante, cubierta de volante, pistón y anillos de pistón, biela, camisa de cilindros. Estos sub-sistemas representan una importante inversión en repuestos que deben ser mantenidos afín de facilitar las actividades de reparación.

Estas unidades al no tener acertados programas de mantenimiento presentan una serie de problemas cuyos síntomas son:

- Incapacidad de dar respuestas rápidas y entregas oportunas del producto transportado.
- Paradas por fallas en ruta.

Las causas de los síntomas señalados anteriormente son:

- Excesivos tiempos fuera de servicios de los camiones.
- Ausencia de stock de repuestos para efectuar reparaciones.
- Ausencia de rutinas de mantenimiento.
- Altos costos de operación.
- Carencia de historial de fallas, banco de datos de los camiones.
- Falta de respuestas rápidas del personal encargado de mantenimiento.

Al conocer, los síntomas y las causas que ocasiona esta problemática no es difícil predecir los inconvenientes que se producen:

- Molestias de parte del personal y descontento del cliente que recibe el producto.
- Incremento de los riesgos físicos de los conductores.
- Disminuyen los ingresos por las oportunidades de transporte desatendidas.
- Pérdida de la mercadería transportada.

1.3. Formulación del Problema

Unos de los síntomas que más resaltan dentro de la empresa de transporte son las paradas por falla de los vehículos, que tienen origen en la falta de un plan de mantenimiento, sumándose a ellos los altos costos de reparación. Hay que resaltar que los camiones operan aproximadamente doce (12) horas diarias y requieren de un trato especial, que exige al personal de mantenimiento realizar un monitoreo de los vehículos para la toma de dediciones oportunas al momento de una avería.

Los retrasos en la entrega del producto al cliente, así como el incremento de los trámites de viajes, representa otro síntoma en el análisis del problema, ya que al momento de reparar la falla no se cuenta con los repuestos necesarios y el tiempo de reparación es mayor.

La alternativa de solución frente al problema descrito es diseñar un plan de mantenimiento en base a los requerimientos de su contexto operacional, para jerarquizar los sistemas con mayor índice de criticidad y diseñar los planes de mantenimiento conforme al estado de los sistemas, que traigan como beneficios la disminución de los costos de operación.

Por lo tanto la interrogante a investigar es:

Problema General

- ¿La implementación de un plan de mantenimiento contribuye a mejorar la utilización de los vehículos en una empresa de transporte de carga?

Problemas específicos

- ¿El análisis de criticidad de los sistemas en los vehículos de carga permitirá desarrollar un adecuado plan de mantenimiento de flota?
- ¿La implementación de un plan de mantenimiento permitirá reducir las actividades de mantenimiento correctivo en una empresa de transporte de carga?
- ¿La implementación de un plan de mantenimiento permitirá reducir las paradas por falla de los vehículos de carga?

1.4. Justificación

El trabajo de investigación, realizado en una empresa de transporte de carga, intenta desarrollar un plan de mantenimiento de flota alineado con las actividades operativas, para lo que se toma como referencia un análisis de criticidad de los sistemas que forman parte del normal funcionamiento de los vehículos. Como consecuencia de la implementación de este plan de mantenimiento, se espera mejorar el índice de utilización de los vehículos, eliminar las paradas imprevistas por reparación reduciendo los gastos involucrados, así como los recursos invertidos en los trabajos de mantenimiento

1.5. Objetivos

Este trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar un plan de mantenimiento para mejorar el nivel de utilización de los vehículos en una empresa de transporte de carga.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis de criticidad de los sistemas en los vehículos de carga para desarrollar el plan de mantenimiento de flota.
- Reducir las actividades de mantenimiento correctivo mediante la implementación de un plan de mantenimiento de flota.
- Reducir las paradas por falla de los vehículos de carga.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

Para esta tesis, se están considerando como bases teóricas, los temas relacionados a planes de mantenimiento, siguiendo una filosofía de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

2.1.1. Definición de Mantenimiento

Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio, que se fundamenta en la teoría de probabilidades y su objetivo es la maximización de la efectividad del sistema, sin sacrificar el medio ambiente y la seguridad.

Esta actividad debe ser susceptible a ser:

Planificada

Dirigida

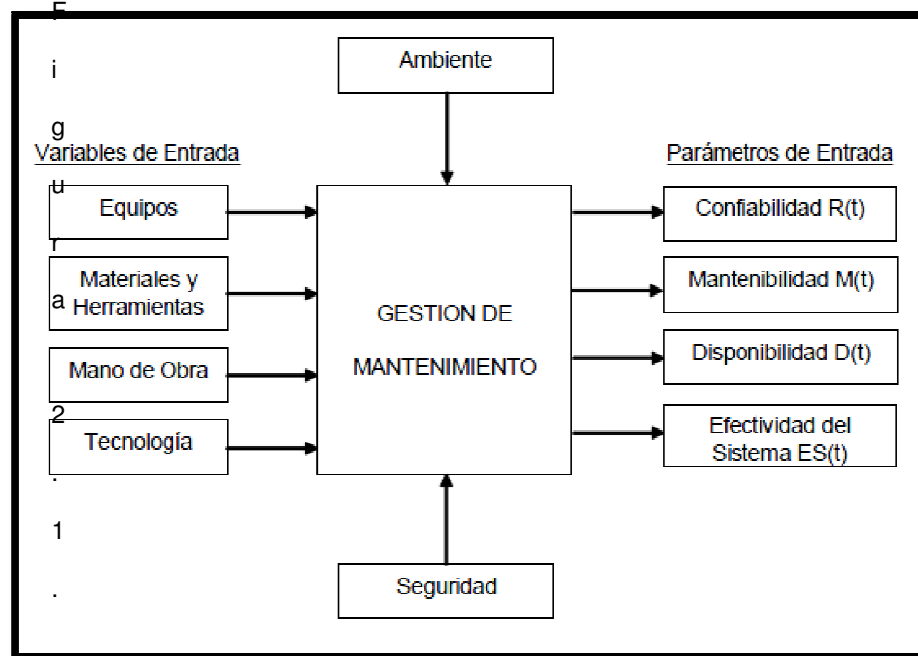
Controlada

A través de la Gerencia General de Mantenimiento que tiene como funciones primarias:

- ✓ Control de equipos
- ✓ Control de trabajos
- ✓ Control de materiales
- ✓ Control de costos
- ✓ Reporte a la gerencia

Estas funciones deben estar interconectadas por una base de datos que incluyan, entre otros, los registros de los equipos.

El mantenimiento debe ser analizado como un sistema abierto donde interactúan varias variables complejas:



Variables y parámetros de entrada de la Gestión de Mantenimiento.

2.1.2. Índices de Mantenimiento

Confiabilidad $[R(t)]$: Es una característica de un sistema, equipo o componente, expresada por la probabilidad de que ese sistema, equipo o componente cumpla una función para la cual fue diseñado en las condiciones de utilización y en un periodo dado.

La confiabilidad es un problema fundamental en Ingeniería y es un elemento esencial para organizar la gestión de mantenimiento. El incremento de la confiabilidad de los equipos es uno de los problemas más álgidos con lo que se encuentra la Ingeniería de

mantenimiento, los métodos estadísticos para el cálculo de la confiabilidad se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Métodos estadísticos para el cálculo de la confiabilidad.

Métodos Estadísticos	
Métodos Paramétricos	Distribución de Weibull
	Distribución exponencial
	Distribución carga-resistencia
Método no Paramétricos	Análisis de sobrevivencia y falla

Estadísticamente, la confiabilidad de un componente o sistema ($R(t)$) se define, como la probabilidad de que dicho componente no falle durante el intervalo $[0, t]$ o lo que es lo mismo, la probabilidad de que falle en un tiempo mayor que t .

Siendo:

$$[R(t)] = P(T > t) \quad (\text{Ec. 1})$$

y T la duración del componente.

Si es la función de densidad de probabilidad, la probabilidad de que el componente falle en el intervalo de 0 a t , está dada por:

$$F(t) = \int_0^t f(t).dt \quad (\text{Ec. 2})$$

y la confiabilidad:

$$[R(t)] = 1 - F(t) \quad (\text{Ec. 3})$$

El método estadístico para la estimación de la confiabilidad viene dado de la siguiente manera:

La $[R(t)]$ de un sistema o componente depende del tiempo que haya estado en servicio el equipo.

Si $f(t)$ es la densidad de distribución, la probabilidad de que la variable aleatoria t se encuentre entre (t) y $(t + \Delta t)$, esta dada por $f(t) \cdot \Delta t$ entonces la probabilidad de que el componente falle en el primer intervalo de (0) a (t) está dada por:

$$F(t + \Delta t) - F(t) \quad (\text{Ec. 4})$$

y la probabilidad condicional de falla en ese intervalo, dado que el componente sobrevivió al tiempo (t) , está dada por:

$$\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (\text{Ec. 5})$$

Dividiendo entre Δt obtenemos la falla media de la falla en el intervalo (t) y $(t + \Delta t)$, dado que el componente sobrevivió al tiempo t .

$$\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \times \frac{1}{R(t)} \quad (\text{Ec. 6})$$

Tomando el límite, haciendo $\Delta t \rightarrow 0$, hallamos la tasa de falla $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{F'(t)}{R(t)} \quad (\text{Ec. 7})$$

Como $F'(t) = f(t)$, se tiene:

$$\lambda(t) = \frac{F'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (\text{Ec. 8})$$

Mantenibilidad $[M(t)]$: Es la probabilidad de un equipo y/o componente asociado a su capacidad de ser recuperado para el

servicio, cuando se realizan los trabajos de mantenimiento necesarios según se especifica

Así la mantenibilidad podría expresarse cuantitativamente mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento programada, con los recursos y especificaciones dadas.

El concepto de mantenibilidad tiene relación con la teoría de probabilidad, y puede ser representada por una distribución de densidad de probabilidad que se llamará función de mantenibilidad representada por $M(t)$:

$M(t) = P$ (Funcionabilidad sea recuperada en el tiempo t o antes)

$$M(t) = P.(T.T.R \leq 1) \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde T.T.R es el tiempo total de reparación

$$M(t) = \int_0^t m(t)dt = 1 - l^{-\int_0^t \mu(t)dt} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde $m(t)$ es la función de densidad

$$\mu(t) = \frac{m(t)}{1-M(t)} \quad (\text{Ec. 11})$$

Disponibilidad $[D(t)]$: Es la probabilidad que tiene un sistema o equipo de estar disponible para su uso durante un “ t ” cualquiera, solo se aplica a equipos reparables.

La disponibilidad viene representada por $D(t)$ y definida por los parámetros μ, λ . [1].

Donde:

$$\mu = \frac{1}{TPFS} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\lambda = \frac{1}{TPEF} \quad (\text{Ec. 13})$$

Entonces la disponibilidad es:

$$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF+TPFS} \quad (\text{Ec. 14})$$

2.1.3. Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento moderno ha llevado a la aparición de diferentes clases de mantenimiento con el objetivo de explicar las actividades que lo involucran, es decir, se realiza para justificar una nueva metodología o filosofía. Esta metodología clasifica el mantenimiento en tres (3) tipos:

- ✓ Mantenimiento Preventivo: consiste en un grupo de acciones planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los equipos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos.
- ✓ Mantenimiento Correctivo: es aquel trabajo que involucra una cantidad determinada de tareas de reparación con el objetivo

de restaurar la función de un equipo una vez producido un paro imprevisto. Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a los defectos no detectados durante las inspecciones predictivas, a errores operacionales, a la ausencia de tareas de mantenimiento y a requerimientos de producción que generan políticas como la de reparar cuando falle.

- ✓ Mantenimiento Predictivo: es un mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, inspecciones programadas y el monitoreo de los equipos. Es aquel donde la acción de mantenimiento está basada en las condiciones actuales del equipo. Es un mantenimiento que detecta las fallas potenciales de un sistema en funcionamiento y se lleva a cabo cuando los resultados del diagnóstico así lo requieren.

2.1.4. Importancia del Mantenimiento

La importancia de la gestión de mantenimiento viene dada, entre otros factores por:

- ✓ La calidad de los productos que está asociada íntimamente con la gestión de mantenimiento. No se pueden mantener unas especificaciones técnicas de la producción sin una buena gestión de mantenimiento.

- ✓ La operatividad y conservación de los equipos, los cuales, son fundamentales para lograr un volumen de producción establecido.
- ✓ El desarrollo tecnológico que asume equipos más sofisticados y de mayores precios, lo que presupone su conservación.

2.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

El M.C.C. es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, utilizado para determinar las necesidades de mantenimiento físico de cualquier activo en su contexto operativo, garantizando el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional realizado por un equipo natural de trabajo. El esfuerzo desarrollado por el equipo natural permite generar un sistema de gestión de mantenimiento flexible, que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta, la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo / beneficio.

2.2.1. Antecedentes del MCC

El mantenimiento centrado en confiabilidad se originó hacia el final de la década de los años 60, en un esfuerzo conjunto del gobierno y

la industria aeronáutica norteamericana, a fin de establecer un proceso lógico y diseñar actividades de mantenimiento apropiadas con frecuencias óptimas para estas actividades, para atender el advenimiento de nuevas aeronaves de mayor tamaño, capacidad y complejidad, así como el crecimiento del parque aéreo. El objetivo de este grupo de trabajo fue establecer procedimiento de mantenimientos apropiados que permitieran reducir los tiempos de paradas por mantenimiento, reducir los costos de mantenimiento e incrementar la seguridad de los vuelos. Como resultado de este esfuerzo se publicó el documento “*MSG-1: aintenance Evaluation and Program Development*”, el cual formaliza y establece nuevos criterios para el desarrollo de programas de mantenimiento.

A partir de este documento la orientación cambia desde la evaluación de las funciones del equipo hacia el análisis de las funciones del sistema.

Luego se publicó el documento MSG-2 para generalizar en toda la industria aeronáutica el uso de los procedimientos desarrollados en el MSG-1 este segundo documento incorporó una herramienta simple pero poderosa, llamada el árbol de decisión lógico.

El documento MSG-2 se convirtió en un estándar de la industria aeronáutica para el diseño y ejecución de políticas de mantenimiento, el cual contiene los lineamientos de lo que actualmente se denomina mantenimiento centrado en confiabilidad.

El éxito de RCM en la industria aeronáutica no tuvo precedente. En un periodo de 16 años posteriormente a su implantación, las aerolíneas comerciales no tuvieron incremento en los costos unitarios de mantenimiento, aun cuando el tamaño y complejidad de las aeronaves, así como los costos de labor se incrementaron durante el mismo periodo. También, para el mismo periodo, se incrementaron los records de seguridad de las aerolíneas.

2.2.2. Las siete preguntas básicas para el análisis del M.C.C.

El M.C.C centra su atención en la relación existente entre la organización y los elementos físicos que la componen. Por lo tanto es importante que antes de comenzar a explorar esta relación detalladamente, se conozcan los tipos de elementos físicos existentes y decidir cuáles de ellos deben estar sujetos a una revisión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

La metodología MCC, es un procedimiento que identifica las necesidades reales de mantenimiento de los equipos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

1. ¿Cuál es la función del equipo?
2. ¿De qué manera puede fallar?
3. ¿Qué origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?

6.¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?

7.¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

Para la resolución de estas preguntas se cuentan con técnicas de confiabilidad claves en la aplicación del M.C.C como el AMEF (Análisis de los modos y Efectos de las fallas) que ayudan a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, y Árbol Lógico de Decisión (ALD), que permite determinar cuáles son las actividades de mantenimiento. La primera técnica ayuda a responder las cuatro primeras preguntas, mientras que la segunda ayuda a responder las restantes. Establecer respuestas a las siete preguntas del M.C.C., requiere se analicen los siguientes aspectos:

2.2.3. Contexto Operacional

El primer documento que se realiza para un análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad, es el contexto operacional, este representa *las circunstancias en las cuales se espera que opere un activo físico o sistema*. El contexto operacional debe realizarse cuidadosamente ya que de él dependerá la ejecución del análisis, el cual debe contener una descripción detallada de la instalación que va a ser analizada; también se refleja el propósito del equipo o sistema, descripción de equipos y procesos, dispositivos de seguridad, metas de seguridad ambiental y operacional, volumen de

producción, calidad, servicio, planes a futuro, personal, turnos de trabajo, operaciones, mantenimiento, gerencia, límites del sistema y un listado de componentes de cada sistema en caso de que haya división del sistema en varios subsistemas, incluyendo dispositivos de seguridad e indicadores. Cualquiera que comience a aplicar MCC a cualquier proceso o activo físico debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de comenzar, ya que se puede afectar todo el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones, la naturaleza de los patrones de fallas que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con la que puede ocurrir y que debe hacerse para manejarlos.

2.2.4. Funciones y estándares de funcionamiento

El primer paso en el proceso MCC es definir las funciones y los estándares de comportamiento funcional de cada activo en su contexto operativo, junto con el correspondiente nivel de los resultados deseados, esto nos permite responder la primera pregunta del análisis MCC.

Las funciones se pueden dividir en:

Funciones Primarias, que comprende la razón principal por el cual el bien fue adquirido. Generalmente son fáciles de reconocer debido a

que el nombre de muchos activos físicos industriales se basa en su función primaria.

Funciones Secundarias, que comprenden las funciones adicionales a la primaria de un activo físico.

Según la filosofía del MCC, el mantenimiento debe asegurar que los activos cumplan eficientemente las funciones para las cuales fueron diseñados dentro de un contexto operacional específico, a partir de actividades de prevención (actuar antes que ocurra la falla). Por otra parte, cuando las actividades de mantenimiento se realizan por consecuencia de una falla no prevista, se les denomina actividades correctivas de mantenimiento, en estos casos, los activos no podrán cumplir con sus funciones. Para poder identificar cuando un activo no está cumpliendo sus funciones se debe tener claramente definido cuando un activo está cumpliendo su misión de manera eficiente, pero ¿cómo se sabe cuándo un activo está cumpliendo su función de forma eficiente?

El proceso de identificación de los estándares de funcionamiento de cada activo no es tarea fácil, ya que cada tipo de función tiene básicamente dos estándares de funcionamiento asociado al activo, los cuales se nombran a continuación:

- ✓ El estándar de funcionamiento deseado (se refiere al parámetro funcional que se desea o espera conseguir del activo en el contexto operacional)

- ✓ El estándar de funcionamiento asociado a la confiabilidad inherente o a la capacidad inherente (se refiere al parámetro funcional que es capaz de realizar un activo según su confiabilidad o capacidad de diseño).

2.2.5. Fallas y fallas funcionales

Una falla es la ocurrencia no previsible, inherente al elemento de un equipo que impide que este cumpla la misión para lo cual fue diseñado y un fallo funcional se define como la parcial o total incapacidad de un elemento o componente de un equipo para cumplir con los estándares de funcionamiento a un nivel de desempeño deseado.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, tiene como objetivo principal asegurar que un elemento físico continúe desempeñando la funciones deseadas. Para ello, hace anticipaciones, impidiendo o corrigiendo las situaciones en que el equipo ya no puede desempeñar la función deseada (fallo funcional). Esto sugiere que los criterios utilizados para definir el fallo forman la base de todo el resto del proceso de toma de decisiones sobre el mantenimiento. Por consiguiente se debe definir claramente los criterios de funcionamiento asociados a cada función, y en lo que es posible cuantificarlos.

2.2.6. Modos de fallas

El siguiente paso es tratar de identificar todos los acontecimientos que pudieran razonablemente causar cada estado de falla de un activo físico (sistema o proceso).

Los modos de fallas pueden ser clasificados en 3 grupos:

- ✓ Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- ✓ Cuando el funcionamiento deseado se eleva más allá de la capacidad inicial.
- ✓ Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

2.2.7. Efectos de fallas

El cuarto paso en el proceso MCC consiste en describir los que sucede cuando se produce cada modo de fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- ✓ La evidencia (si la hubiere) de que se ha producido una falla.
- ✓ En qué forma (si la hay) la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- ✓ Las maneras (si las hubiere) en que afecta la producción o las operaciones.
- ✓ Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- ✓ Que debe hacerse para reparar la falla.

2.2.8. Consecuencias de las fallas

El objetivo primordial de este paso es determinar cómo y cuánto importa cada falla, para tener un claro conocimiento si una falla

requiere o no prevenirse. Todo fallo ejerce algún tipo de efecto, directo o indirecto, sobre la seguridad o el comportamiento funcional de una planta. El punto en que la planta queda afectada depende del contexto operacional del equipo, de los estándares de prestación o criterios de funcionamiento deseados para cada función y los efectos físicos de cada modo de falla. Esta combinación de contexto, estándares y efectos significa que cada fallo tiene un grupo específico de consecuencias asociadas a él.

2.2.9. Factibilidad, técnica y tareas proactivas

Las acciones que pueden tomarse para tratar las fallas pueden dividirse en las siguientes dos categorías:

- ✓ Tareas proactivas: estas son tareas que se realizan antes de que se produzca una falla, a fin de evitar que el componente llegue a un estado de falla. Abarcan lo que se conoce tradicionalmente como "predecible" y "preventivas" de conservación.
- ✓ Acciones por defecto: estos son elegidos cuando no es posible identificar una tarea proactiva eficaz. Las acciones por defectos incluyen la falta de investigación, rediseñar y ejecutar al fracaso.

2.3. Análisis de Modo y Efectos de Fallas

Constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.

Por lo expresado anteriormente, se deduce que el objetivo básico del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente y operaciones (producción). Para cumplir con este objetivo se debe realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

- ✓ Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.
- ✓ Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.
- ✓ Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional.
- ✓ Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla.

2.3.1. Hoja de información

Es la hoja donde es asentada la información recopilada en los primeros cuatro pasos del MCC, es decir las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de las fallas, el análisis sintetizado en esta hoja se denomina “Análisis de Modos y Efectos

de Fallas” (AMEF), ésta se encuentra dividida en cuatro columnas y en la parte superior de la hoja aparece la identificación del elemento, componente, por quien fue realizada y revisada la hoja de información, igualmente aparece el número de la hoja. En la figura 2.2 se muestra un ejemplo de una hoja de información.

HOJA DE INFORMACION	ACTIVO		SISTEMA		Recopilado Por	Fecha	Hoja
	COMPONENTE		REFERENCIA		Revisado Por	Fecha	De
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL <i>(Pérdida de Función)</i>		MODO DE FALLA <i>(Causa de la Falla)</i>		EFECTO DE LA FALLA <i>(Que sucede cuando ocurre la falla)</i>	

Figura 2.2. Hoja de información.

2.3.2. Hoja de decisión

Esta hoja se elabora a partir del Árbol Lógico de Decisiones, con la información procesada en los tres últimos pasos del MCC, de acuerdo a la referencia de la hoja de información. En ella se clasifican el tipo de consecuencia que tiene la falla (fallas ocultas, para la seguridad y el medio ambiente, operacionales y no operacionales); y el tipo de tarea preventiva que se va a realizar. En la figura 2.3 se muestra una hoja de decisión.

HOJA DE INFORMACIÓN				ACTIVO				SISTEMA				Recopilado Por		Fecha		Hoja	
				COMPONENTE				REFERENCIA				Revisado Por		Fecha		De	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas		"a falta de"	Tareas propuestas		Frecuencia inicial	A realiza por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4					

Figura 2.3. Hoja de Decisión.

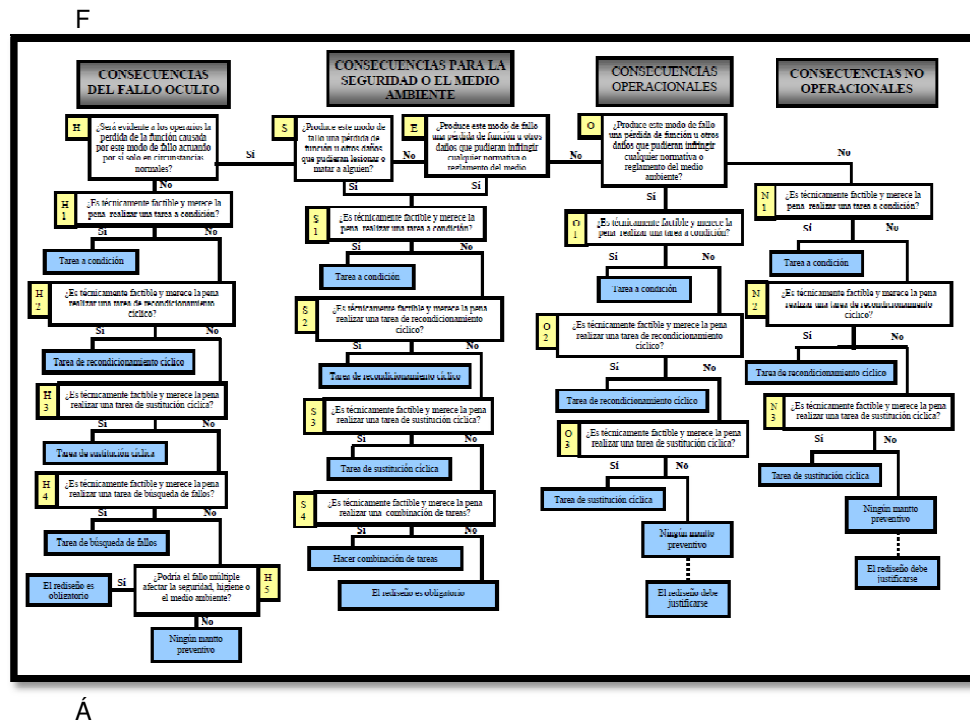
El árbol lógico de decisión, es una herramienta diseñada por el MCC, que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos. Cabe destacar que el primer paso para seleccionar las tareas de mantenimiento, consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas, cuestión que consigue el grupo multidisciplinario de trabajo a partir del AMEF.

Luego de seleccionar el tipo de tarea de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de tarea de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del MCC, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas. Las frecuencias de ejecución para cada acción se pueden establecer según se relacione la tarea de mantenimiento a ejecutar con el envejecimiento. Es decir, si la tarea de mantenimiento es de reacondicionamiento cíclico o de sustitución

cíclica, entonces la frecuencia puede estar determinada por la edad a la que el elemento o pieza componente exhibe un incremento rápido de la probabilidad condicional del fallo. Por el contrario, si la tarea para prevenir el fallo no está asociada con el envejecimiento entonces la frecuencia puede estar determinada por el intervalo P-F de la tarea a condición. Este último, adicionalmente depende de la categoría de dicha tarea. Por ejemplo, si se utiliza un análisis de vibración de banda estrecha, normalmente se obtiene un intervalo P-F de varias semanas o meses, en cambio, si se utiliza, el sentido humano, dicho intervalo puede ser de días o semanas dependiendo de la aplicación.

Ahora bien, no solo debe considerarse las tareas preventivas, también se debe tomar en cuenta el hecho de que dichas tareas no puedan evitar el fallo, en tal caso, la tarea de mantenimiento seleccionada en el árbol lógico de decisión será “a falta de”.

Más aún, si se trata de una tarea de búsqueda de fallos también deberá especificarse la acción de mantenimiento a ejecutar, con su respectiva frecuencia. En tal caso se recomienda que estas actividades se realicen a intervalos de baja frecuencia (semanales o mensuales) este tipo de actividades trata de evitar fallos que no son evidentes a los operarios y acarrear fallos múltiples. Este Árbol Lógico de Decisión (ALD), se muestra en la Figura 2.4.



rbol Lógico de Decisiones del MCC.

2.4. Análisis de Criticidad

El Análisis de Criticidad es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función de impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. El análisis de criticidad establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgando un valor numérico o estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental, de seguridad y la producción.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos,

sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada.

A continuación se establecen criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- ✓ Seguridad
- ✓ Ambiente
- ✓ Producción
- ✓ Costos (operacionales y de mantenimiento)
- ✓ Tiempo promedio para reparar
- ✓ Frecuencia de falla

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- ✓ Inspección
- ✓ Materiales
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Personal

2.5. Descripción de los camiones de carga

Los vehículos de carga pesada son capaces de entregar la fiabilidad máxima, la durabilidad y la eficacia en el camión tradicional. La estilización aerodinámica reduce la resistencia de viento y proporciona la economía

excelente de combustible, y con su diseño de peso ligero, pueden arrastrar más carga útil.

El motor Turbo Intercooler Diésel de inyección directa proporciona una recirculación de Gas de escape para reducir emisiones manteniendo la calidad de marcha excelente, el funcionamiento, abastece de combustible la economía, y la vida de motor.

La tecnología de turbocompresor de geometría variable de alto rendimiento permite al motor proporcionar el funcionamiento óptimo y la eficacia de combustible regido por el medio ambiente. La tecnología ofrece economía excelente de combustible, bajo gastos de funcionamiento y posición de vida a revisión y reparación excelente y vida larga del motor. La figura 2.6 muestra una muestra imagen del motor



Figura 2.5. Motor Diésel.

2.5.1. Sistema de Lubricación

Los motores poseen un sistema de aceite lubricante, presurizado completo y de circulación filtrada. El sistema incluye varias válvulas y orificios restringidos para optimizar la circulación de aceite.

El sistema de Lubricación consta de los siguientes equipos y se ilustra en la figura 2.7:

- ✓ Bomba de aceite
- ✓ Válvula del regulador de presión
- ✓ Válvula de liberación de presión
- ✓ Filtros de aceite
- ✓ Adaptador de filtro de aceite
- ✓ Heladera de aceite
- ✓ Varilla del aceite de nivel de aceite
- ✓ Cacerola de aceite
- ✓ Ventilación

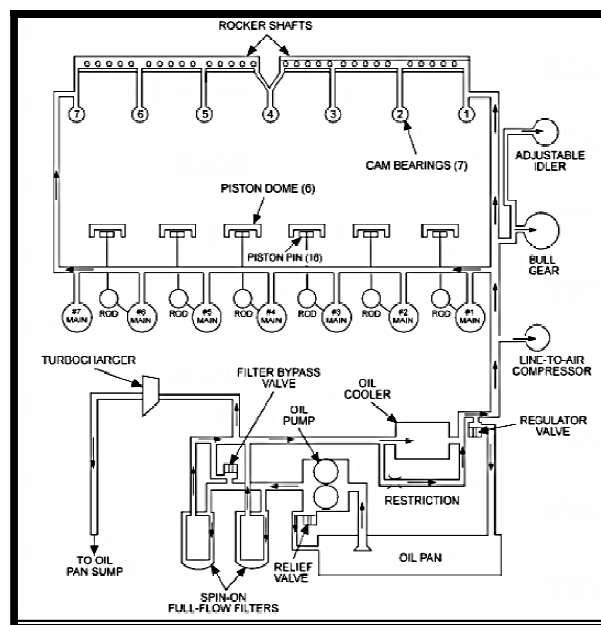


Figura 2.6. Sistema de Lubricación.

2.5.2. Sistema de Enfriamiento

El sistema de enfriamiento está compuesto por dos sistemas distintos; el sistema de enfriamiento de agua y el sistema de enfriamiento de aire. Aunque estos sistemas son distintos, comparten el mismo espacio que hace el rendimiento de cada sistema dependiente generalmente sobre lo demás. Un sistema de enfriamiento bien diseñado es un requisito para el rendimiento de motor satisfactorio y confiable. Conocimientos minuciosos de la aplicación, el ciclo, y condiciones ambientales son elementos esenciales para diseñar y embalar el sistema de enfriamiento total.

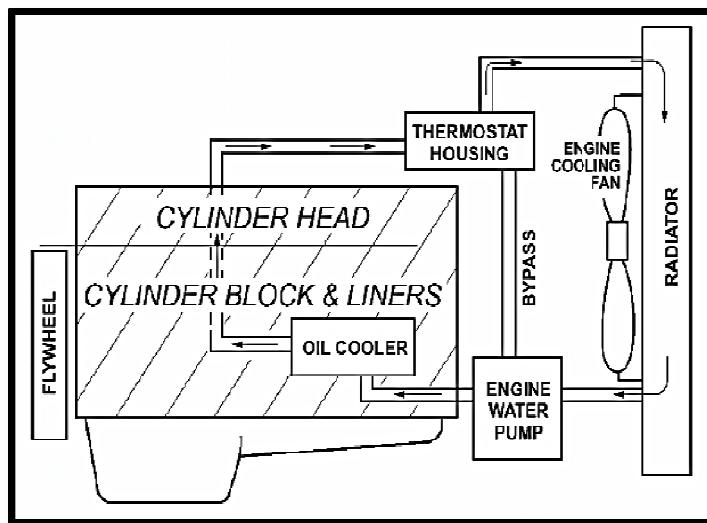


Figura 2.7. Sistema de Enfriamiento de Agua.

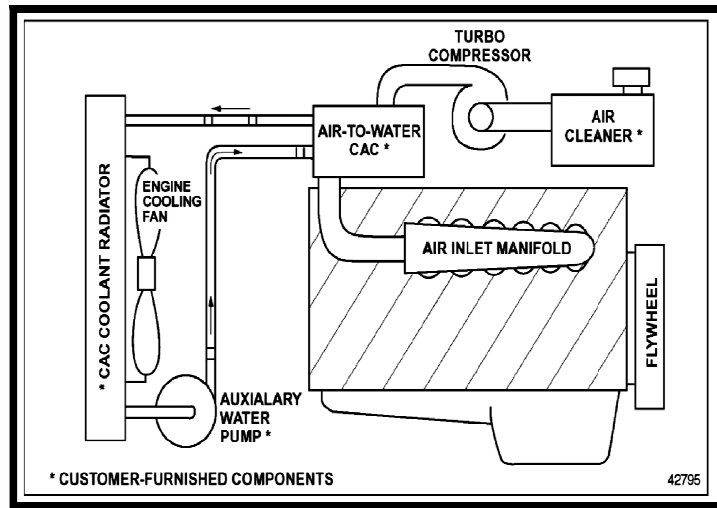


Figura 2.8. Sistema de Enfriamiento de Aire.

2.5.3. Sistema de combustible

El sistema de combustible mantiene el combustible limpio y libre del aire o agua, y suministrar con la presión correcta a los inyectores de unidad electrónicos. El sistema de combustible consta de:

- ✓ Un tanque de combustible.
- ✓ Filtro de combustible principal.
- ✓ Bomba de suministro de combustible.
- ✓ Filtro de combustible secundario.
- ✓ Circuitos de combustible.
- ✓ Inyectores de unidad electrónicos (EUI).
- ✓ Módulo de control electrónico (ECM).
- ✓ Accesorios restringidos.
- ✓ Válvula de check de combustible.

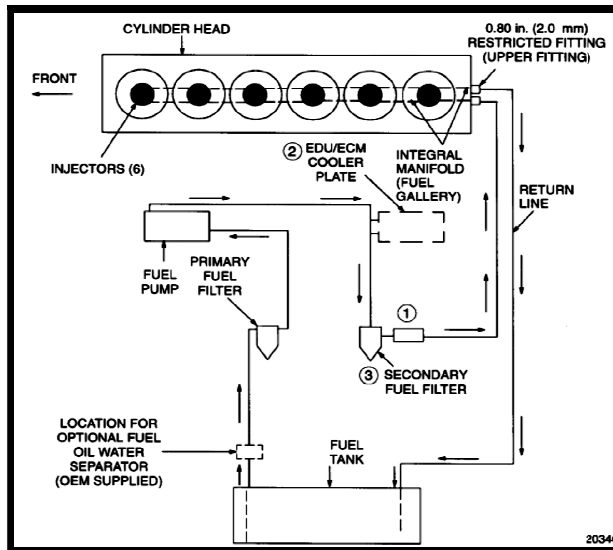


Figura 2.9. Sistema de Combustible.

2.5.4. Sistema de Aire

Un motor de combustión interna requiere un suministro suficiente de aire para el desarrollo completo de la combustión y consumo eficiente de combustible.

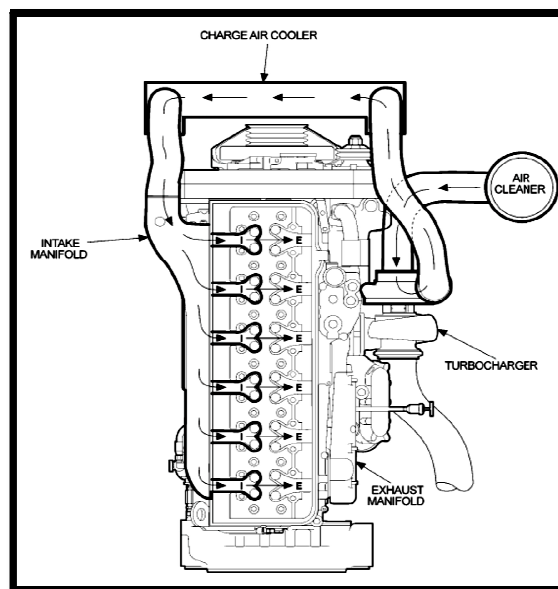


Figura 2.10. Sistema de Aire.

2.5.5. Sistema de Escape

El motor está equipado con un múltiple de escape de tres piezas como se muestra en la figura 2.12., la brida de salida se localiza centralmente y se conecta directamente con la cubierta de la turbina del turbocargador. Las tres piezas del múltiple de escape, tienen uniones que se deslizan fácilmente durante el ensamble inicial y que sella cuando el múltiple se calienta debido a la operación del motor.

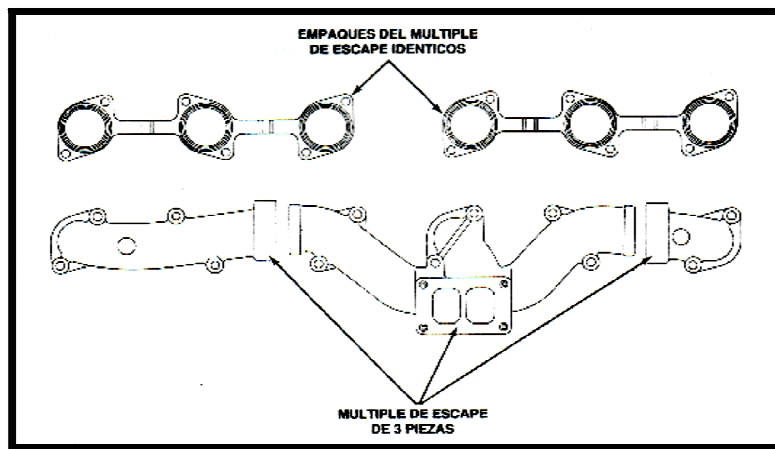


Figura 2.11. Sistema de Escape.

2.5.6. Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico generalmente consiste de motor de arranque, un generador (alternador), con un regulador de voltaje transistorizado, una batería, interruptor de ignición, relevador del motor de arranque, el cableado necesario y sensores eléctricos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En esta parte, se describe la metodología a usar en el proceso de la investigación, para cumplir con los objetivos planteados. En primer lugar, se describe el proceso de investigación, la determinación de la muestra y los métodos de recolección de datos.

3.1. Tipo de investigación

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó la estrategia de Investigación Documental, debido a que se consultaron documentos bibliográficos, manuales de información, especificaciones, procedimientos, consultas de criterios y metodología de mantenimiento.

Por otra parte, también se empleó la Investigación de Campo como estrategia secundaria, la cual permitió obtener la información necesaria directamente del área de estudio, donde se pudo observar las necesidades físicas reales de las actividades que se plantearon.

Durante la investigación se obtuvieron resultados que clasifica el trabajo según su propósito en investigación Aplicada, debido a que se usaron conocimientos teóricos, actualización de métodos e implantación de rutinas y/o frecuencias de mantenimiento para ajustarlos al contexto de las actividades que se están realizando.

Se identificaron las fallas y modos de fallas relacionados a los equipos analizados, y luego se describió la situación por medio de una Investigación Descriptiva, ya que comprendió la descripción, registro e

interpretación del problema actual, además requirió de técnicas específicas así como de criterios y formatos de recolección de información, entrevistas directas con el personal y documentación.

3.2. Población y muestra

Para esta investigación, la población de estudio comprende la totalidad de unidades de transporte de carga, que se mantienen operativas durante todo el año y que realizan un recorrido promedio.

La muestra seleccionada será la totalidad de vehículos que forman parte de la flota de la empresa en estudio, que en la actualidad está conformada por 8 unidades, como todos los miembros de la población son miembros de la muestra se puede realizar estimaciones evitando el típico error de muestreo.

El periodo de estudio u observación, comprendió un total de 3 meses; desde la semana 20 a la semana 36 del año 2013, considerando un calendario laboral de 52 semanas.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la realización y el levantamiento de datos del estudio se optó por medidas para la recolección de datos de diversa naturaleza, algunas no formales para el acceso de la información, entre las que tenemos:

Observación Directa: La observación directa se considera como una técnica objetiva de la recolección, pues se vuelve indispensable al inicio de un estudio de ella se puede tener información relevante aun cuando no exista el deseo de proporcionarla. Además los hechos se estudian sin intermediarios evitándose distorsiones de los mismos.

Esta observación es del tipo no estructurada ya que solo va a consistir en recoger y anotar todos los hechos que sucedan en determinado momento sin poseer guía alguna de lo que se va a observar. De igual forma será realizada dentro del campo de trabajo de tal manera que los hechos se captan tal y como se van presentando en el mismo sitio donde usualmente se encuentran o viven los sujetos estudiados.

Entrevista No Estructurada: En la entrevista, un encuestador solita información al sujeto encuestado para la obtención de datos, existiendo necesariamente un intercambio verbal entre dos personas.

En la entrevista no estructurada el encuestador o investigador hace preguntas abiertas, no estandarizadas dejando un rango de mayor libertad para elaborar otras preguntas pertinentes al estudio pero que pueden tener origen en el encuentro de estas dos personas. Esto también permitirá tener opiniones de expertos en la materia que puedan aportar su juicio al estudio y obtener resultados más acordes con la realidad.

Registros de Información: Para la obtención de una información más estructurada relacionada con las novedades presentadas en las unidades, últimos mantenimientos, chequeos y observaciones se utilizaron registros y hojas de cálculo que contengan la información aportada por los mismos responsables y operadores de las unidades.

Visita a Talleres y Concesionarios: La visita a talleres y concesionarios permitirá conocer y comparar los precios actuales en el mercado de los repuestos y servicios para camiones de carga, información que será utilizado en el análisis de costos de operación.

El análisis de datos del presente estudio estará enfocado principalmente en dos tipos: los de naturaleza cualitativa y los de naturaleza cuantitativa. En los datos cualitativos se destacan las causas que originan las principales fallas dentro de las unidades, siendo tratados en diagramas de Causa-Efecto, con el fin de estructurar de mejor manera la información y determinar las fallas más influyentes.

Los datos cuantitativos serán trabajados mediante hojas de cálculo que permita verificar y observar el comportamiento y la tendencia que irán experimentando los datos dependiendo de la información recolectada.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

4.1. Presentación y análisis de datos

En este capítulo, se busca determinar la situación actual del proceso de mantenimiento dentro de la organización, para lo que se utilizó la información registrada durante seis meses, identificando las principales falencias y problemáticas así como también las oportunidades existentes y por ende establecer cuál es la tendencia organizacional del mismo.

4.1.1. Diagnóstico general del mantenimiento

La organización posee una flota de camiones propios para la atención de la demanda operativa existente. La compañía es responsable del mantenimiento de los vehículos, buscando que todos los vehículos cumplan con las especificaciones de seguridad y de mantenimiento exigidas por el ministerio de transporte para así autorizar su operación.

La influencia del mantenimiento correctivo respecto a los demás mantenimientos es predominante en esta gestión, debido a que el mantenimiento preventivo solo ocupa un 15% del total de los trabajos realizados, indicando que es necesario enfocar la propuesta a la práctica de este tipo de mantenimiento para así disminuir el correctivo; el mantenimiento correctivo no se puede eliminar, así se prolongue la vida útil de los componentes pertenecientes a una maquina esta llegara a su fin y se

necesitara reemplazar, rectificar o reacondicionar para que esta siga funcionando

Tabla 4.1. Tipo de mantenimiento ejecutado.

Nº	Opciones	Porcentajes %
1	Correctivo	85
2	Preventivo	15
3	Predictivo	0
4	Otra	0
Total		100

Fuente: El autor.

Las condiciones operacionales más comunes en las cuales debe estar el vehículo para acceder al mantenimiento es la de trabajo en vacío siendo este el ideal aunque por la metodología actual de mantenimiento correctivo, no se puede descartar las otras dos condiciones (en operación y detenido completamente), puesto que al realizar reparaciones de mantenimiento con los vehículos cargados se aumenta el riesgo de accidentes en operarios, perdidas en la calidad de la carga y demoras en el cumplimiento, que por ende va en contra vía de los lineamientos económicos y de servicios de la organización.

Tabla 4.2. Estado para realizar el mantenimiento

Nº	Opciones	Porcentajes %
1	En operación	21
2	Detenido completamente	14
3	Trabajando en vacío	65
Total		100

Fuente: El autor.

El vehículo puede fallar en operación viéndose afectada la empresa no solo en la productividad individual del vehículo si no en los compromisos entre la organización y sus clientes, resaltando la importancia de la disponibilidad, lo que obliga a la empresa a cualquier costo y en el menor tiempo posible corregir la falla y cumplir con los clientes, repercutiendo ineludiblemente en los costos del mantenimiento.

Tabla 4.3.Costo aproximado de mantenimiento

Nº	Opciones	Porcentajes %
1	Menos de 250	6
2	Entre 251 y 500	14
3	Entre 501 y 750	17
4	Entre 751 y 1000	60
5	Más de 1001	3
Total		100

Fuente: El autor

Entre los factores que influyen dentro del mantenimiento ejecutado, se destaca un 73% de los costos de mantenimiento invertidos en la adquisición de repuestos, esto nos indica que si logramos un equilibrio entre mantenimiento correctivo y preventivo disminuiríamos los costos ya que no siempre habrá que cambiar partes solo mantenerlas operativas y al mismo tiempo se logra disminuir los tiempos de paro del vehículo.

Tabla 4.4. Distribución de los costos de mantenimiento.

N°	Opciones	Porcentajes %
1	Mano de obra	17
2	Herramientas	0
3	Repuestos	65
4	Inventario	5
5	Materiales e insumos	10
6	Instalaciones físicas	0
7	Otros	3
Total		100

Fuente: El autor.

Además se llevó un registro de cada uno de los vehículos, en los que se detalló el tiempo de operación, el tiempo fuera de servicio y el número de fallas. Esta información fue tomada como base para determinar la media del tiempo entre fallas (MTEF) y la media del tiempo fuera de servicio (MTFS).

4.5. Tiempo fallas y Tiempo de servicio.

N° de Vehículo	Tiempo de operación (Horas)	Tiempo fuera de servicio (Horas)	Número de fallas	MTEF (Horas)	MTFS (Horas)
1	2248.1	206.4	10	224.8	20.6
2	2208.5	195.2	8	276.1	24.4
3	2224.2	210.5	7	317.7	30.1
4	2160.5	188.2	7	308.6	26.9
5	2198.3	190.8	6	366.4	31.8
6	2185	180.5	5	437.0	36.1
7	2210.2	190.1	7	315.7	27.2
8	2175.2	182.3	6	362.5	30.4

Tabla entre fuera

Fuente: El autor

4.1.2. Análisis de criticidad de los sistemas

El análisis de criticidad es una metodología que nos permite identificar y jerarquizar desde su importancia componentes de una maquina o máquinas de una planta, permitiendo dirigir recursos económicos, tecnológicos y humanos para prevenir eventos indeseados que afecten los procesos y por ende la productividad.

El análisis de criticidad es una práctica que ayuda a ponderar los equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones, en este caso la estrategia de mantenimiento que más se acomode a las necesidades de la organización.

Por tanto el análisis de criticidad es un paso muy importante, antes de establecer una estrategia de mantenimiento, ya que se determinaran los componentes o sistemas del vehículo más críticos para la operación del mismo a partir del análisis de sus fallos y consecuencias logrando el mejoramiento de la confiabilidad operacional, determinando fallas inminentes que pueden producir eventos indeseados en los camiones.

La definición de criticidad puede tener diferentes interpretaciones junto con el término “crítico” y van a depender del equipo que se está tratando de jerarquizar. Desde esta visión existe una gran diversidad de herramientas de criticidad, según las oportunidades y las necesidades de la organización:

- Flexibilidad operacional (disponibilidad de función alterna o de respaldo)
- Efecto en la continuidad operacional / capacidad de producción
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad y medio ambiente
- Costos de paradas y del mantenimiento
- Frecuencia de fallas / confiabilidad
- Condiciones de operación (temperatura, presión, fluido, caudal, velocidad)
- Flexibilidad / accesibilidad para inspección & mantenimiento
- Requerimientos / disponibilidad de recursos para inspección y mantenimiento
- Disponibilidad de repuestos

Los criterios importantes para el análisis de criticidad están asociados con aspectos de seguridad, ambiente, producción, costos de operación, mantenimiento, cantidad de fallas y tiempos de reparación principalmente.

Para el cálculo del índice de criticidad se tomaron diferentes criterios; a cada uno de estos se le asignó una calificación, con la cual se podrán ubicar los equipos según su grado de influencia dentro del proceso y determinar que equipos requieren un mantenimiento más prioritario.

4.1.2.1. Ponderaciones de los parámetros del análisis de criticidad

Los criterios importantes para el análisis de criticidad están asociados con aspectos de seguridad, ambiente, producción, costos de operación, mantenimiento, frecuencia de fallas y tiempos de reparación principalmente.

Para el cálculo del índice de criticidad se tomaron diferentes criterios; a cada uno de estos se le asignó una calificación, con la cual se podrán ubicar los equipos según su grado de influencia dentro del proceso y determinar que equipos requieren un mantenimiento más prioritario

Tabla 4.6.Criterios para el análisis de criticidad.

FRECUENCIA DE FALLAS		Puntaje
a	Más de 5 fallas por año	5
b	De 4 a 3 fallas por año	4
c	De 3 a 2 fallas por año	3
d	De 1 a 2 fallas por año	2
e	Menos de 1 fallas por año	1
COSTO DE MANTENIMIENTO		Puntaje
a	Más de s/.1500	4
b	De s/.1000 a s/.1500	3
c	De s/.500 a s/.1000	2
d	Menos de s/.500	1
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR		Puntaje
a	Más de 48 horas	5
b	Entre 24 y 48 horas	4
c	Entre 8 y 24 horas	3
d	Entre 4 y 8 horas	2

e	Menos de 4 horas	1
IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION		Puntaje
a	Parada total del vehículo	4
b	Parada parcial del vehículo y del sistema	3
c	Parada parcial del sistema	2
d	No genera efectos sobre la producción	1
IMPACTO AMBIENTAL		Puntaje
a	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas y quejas de la comunidad.	4
b	Contaminación ambiental moderada, el impacto se manifiesta dentro de los límites de la planta.	3
c	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta dentro de los límites de la planta.	2
d	No origina ningún impacto ambiental.	1
IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL		Puntaje
a	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad parcial permanente.	4
b	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días.	3
c	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	2
d	No origina heridas ni lesiones	1
IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE		Puntaje
a	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de s/.1000	4
b	Puede ocasionar perdidas económicas mayores de s/. 500 y menores de s/.1000.	3
c	Puede ocasionar perdidas económicas hasta de s/. 500.	2
d	No ocasiona pérdidas económicas al cliente.	1

Fuente: El autor.

4.1.2.2. Resultados del análisis de criticidad

Después de dividir el vehículo en sistemas y evaluar sus diferentes componentes o subsistemas desde el principio de la confiabilidad operacional (Ver Anexo A), se puede determinar que el sistema de transmisión es el más crítico. Desde una perspectiva global, los vehículos no son críticos en un 73%, cabe aclarar que al estudiar al vehículo como un todo tendremos que dirigir la propuesta a plantear acciones y controlar ese 2% crítico y evitar que el 25% de criticidad media

pase a ser crítica y se generen fallas que repercutan en otros componentes, ya que los componentes no críticos son afectados por los elementos críticos de producirse una falla.

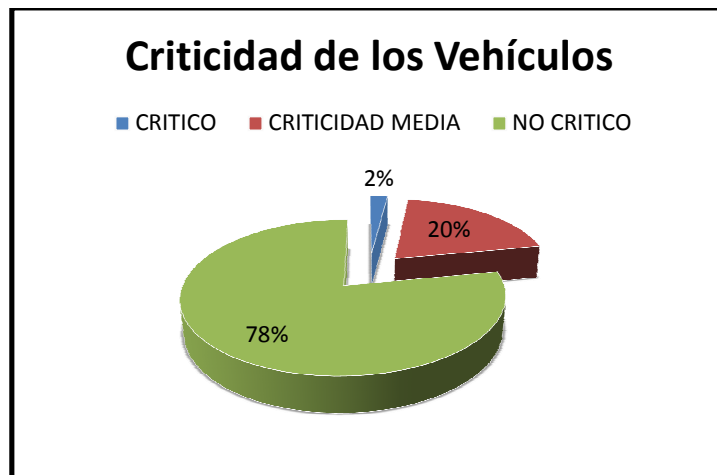


Figura 4.1. Resultados del análisis de criticidad.

4.1.3. Análisis de criticidad humana

En base a la información recolectada podemos establecer los lineamientos que debe seguir la organización para fortalecer la confiabilidad del talento humano permitiendo perfeccionar los conocimientos, habilidades y sentido de pertenencia, factores fundamentales en la productividad de la compañía.

En primer lugar se debe definir las fallas más comunes del vehículo, que pueden ser identificadas mediante el análisis de la información recolectada

Tabla 4.7. Lista de fallas registradas.

N°	FALLA REGISTRADA
1	Acción de frenado en un solo lado
2	Arrastre de los neumáticos al frenar
3	Ausencia de frenos
4	Cantidad excesiva de humo
5	Consumo excesivo de aceite
6	Consumo excesivo de combustible
7	Daño en los cauchos de las barras estabilizadoras
8	Daños en la quinta rueda
9	Daños en los terminales de dirección
10	Derrames por las tapas del tanque
11	Dificultad en el cambio de velocidades
12	Dureza en la operación del timón
13	El motor de arranque no funciona o lo hace con dificultad
14	El motor pierde potencia
15	El motor se recalienta
16	Fuerza de frenado insuficiente
17	Fugas de aceite
18	Juego en la operación del timón
19	La batería se descarga con rapidez
20	La batería se descarga en operación
21	Lecturas erradas de los sensores
22	Luces inoperantes o destello irregular de las mismas
23	Pérdida total de corriente en el vehículo
24	Poros en el tanque del remolque
25	Retorno defectuoso del timón
26	Rotura de diafragmas del freno
27	Rotura de ejes laterales
28	Rotura de hojas de muelle
29	Rotura de neumáticos
30	Rotura de rodamientos
31	Rotura de uniones universales (crucetas)
32	Rotura del cardan
33	Rotura o desgaste notorio del King pin
34	Ruidos en el sistema de transmisión durante la operación del vehículo
35	Taponamiento en las líneas de combustible
36	Vibración irregular del vehículo durante la conducción

Fuente: El autor.

Con todas las fallas en una lista se puede identificar las labores humanas necesarias para solucionar cada falla, se identifica la posible solución que corresponde a un tipo de sintomatología presente en cada uno de los casos. (Ver Anexo B).

Tabla 4.8. Soluciones ante la presencia de ruidos en el sistema de transmisión

RUIDOS EN EL SISTEMA DE TRANSMISION	
Posibles Causas	Solución
Unión universal en mal estado	Cambiar Unión universal
Unión universal sin lubricación	Revisar y lubricar Unión universal
Diferencial dañado	Revisión técnica
Diferencial sin lubricación	Suministrar aceite
Caja de cambios en mal estado	Revisión técnica
Embrague defectuoso	Revisión técnica

Fuente: El autor.

Tabla 4.9. Soluciones ante la pérdida de potencia del motor

MOTOR PIERDE POTENCIA	
Posibles Causas	Solución
Filtro de aire sucio	Limpiar o cambiar
Filtro de combustible obstruido	Cambiar
Líneas de combustible obstruidas	Limpiar
Combustible de mala calidad	Cambiar
Empaque de culata roto	Cambiar
Sistema de inyección	Revisión técnica
Falta de compresión	Revisión técnica
Falta de combustible	Suministrar
Aire en sistema de inyección	Purgar sistema

Fuente: El autor.

Después de identificar las labores humanas se puede determinar las probabilidades de error humano asociadas. Es necesario analizar cada falla determinando el grado de participación del operario en la ocurrencia, detección o

reparación de la misma, las fallas se dividen en tres grupos que son:

- Responsabilidad compartida son aquellas fallas que pueden ocurrir por culminación de la vida útil del elemento, fallas de diseño, accidentes fortuitos u operación inadecuada.
- Responsabilidad relativa corresponden a aquellas irregularidades o deterioros normales, que mientras se realicen los chequeos rutinarios se pueden prevenir o detectar antes de que se convierta en una falla.
- Inspección y seguimiento corresponde a la inspección total del vehículo antes, durante y después de la operación y en la eventualidad de presentarse alguna alteración en el comportamiento del equipo hacer el respectivo seguimiento y comunicar al personal encargado de la ejecución del mantenimiento.

A continuación en la Tabla 4.10 se detallan los componentes que pueden fallar el sistema de transmisión al presentar los diferentes síntomas analizados y el grado de responsabilidad del personal. (Ver Anexo C).

Tabla 4.10. Grado de responsabilidad del operario.

COMPONENTE	SISTEMA	RESPONSABILIDAD COMPARTIDA	RESPONSABILIDAD RELATIVA	INSPECCION Y SEGUIMIENTO
Disco de embrague	Transmisión	x		
Prese de embrague	Transmisión	x		
Caja de cambios	Transmisión	x		
Cardan	Transmisión	x		
Corona	Transmisión	x		
Ejes laterales	Transmisión	x		

Fuente: El autor.

En la Figura 4.2, se puede observar que el vehículo es más crítico desde la intervención humana, por tanto en la estrategia de mantenimiento a plantear debe estar direccionada al mantenimiento preventivo, correctivo programado con aportes del mantenimiento productivo total (TPM), tomando de esta metodología el principio de que toda persona que tenga alguna relación con el equipo debe estar involucrada con su mantenimiento y administración creando un vínculo operativo que se verá reflejado en la confiabilidad del vehículo mejorando así su productividad

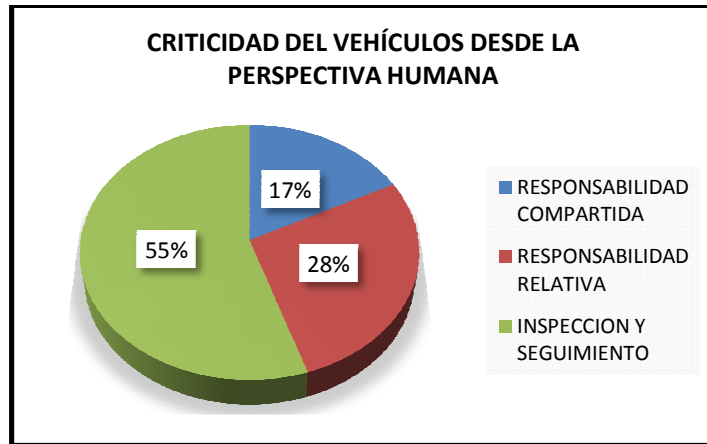


Figura 4.2. Resultados del análisis de criticidad humana.

4.1.4. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

A continuación se analizara el sistema transmisión por ser el sistema más crítico. Los componentes a estudiar se dividieron de la siguiente manera:

- Disco de embrague
- Prensa de embrague
- Caja de cambios
- Cardan
- Árbol de transmisión

Con los componentes citados anteriormente y conjuntamente con el procedimiento postulado en el capítulo 2, se procedió a elaborar el AMEF de cada uno de ellos. (Ver Anexo D)

4.1.5. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

Con el objeto de definir estrategias que sirvan para desarrollar un efectivo plan de mantenimiento, se procedió a realizar el análisis FODA para desarrollar cuatro tipo de estrategias: Fortaleza y debilidades (FO), debilidades y oportunidades (DO), fortalezas y amenazas (FA) y estrategias de debilidades y amenaza (DA). Con ellas se aprovecharon las ventajas de oportunidades externas, se superaron debilidades internas aprovechando las oportunidades externas, se aprovecharon las fuerzas para evitar o disminuir las repercusiones de amenazas externas y disminuyeron las debilidades internas y evitaron las amenazas del entorno.

Para la realización de la matriz FODA se siguieron los pasos que se describen a continuación:

Se realizó unas listas de las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades. Se analizaron las fuerzas internas a las oportunidades externas y se registraron estrategias FO.

Se analizaron las debilidades internas a las oportunidades externas y se registraron las estrategias DO.

Se analizaron las fuerzas internas a las amenazas externas y se registraron las estrategias FA.

Se analizaron las debilidades internas a las amenazas externas y se registraron a las estrategias DA

Tabla 4.11. Matriz FODA

		FORTALEZAS La distribución de las labores de mantenimiento correctivo es realizada por el jefe de mantenimiento. Se establece una prioridad en la ejecución de las acciones de mantenimiento. Se lleva un registro de los trabajos realizados y de los repuestos y materiales utilizados.	DEBILIDADES No se realizan estudios estadísticos sobre la frecuencia de fallas. No se cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación. Desconocimiento en el manejo y cuidado de las unidades por parte de los choferes.
OPORTUNIDADES	Ubicación de proveedores en la zona. Disponibilidad de repuestos sustitutos Equipos para la detección de fallas.	Implantar un plan de mantenimiento preventivo que mantenga operativo los vehículos de carga. Evaluar y seleccionar a los proveedores. Implantar indicadores de gestión.	Adoptar políticas para el desarrollo organizacional. Adquirir nuevas tecnologías para la detección de fallas. Dotar de sistemas informáticos actualizados.
AMENAZAS	Aumento de precios en combustibles y lubricantes. Vías terrestres en mal estado. Aumento de precios en repuestos.	Establecer políticas de inventarios Implementar estrategias para lograr la reducción de costos operativos.	Crear un plan de capacitación para los choferes. Elaborar formatos para registrar información.

Fuente: El autor

Para traducir las estrategias en programas y tácticas, diseñar los medios para lograr los fines deseados, y fijar las medidas para alcanzar los objetivos se realizaron las tareas o actividades (Planes de acción) que se tiene que realizar para el cumplimiento de estas estrategias

4.2. Presentación de la propuesta de mejora

Luego de haber realizado un análisis de la organización y de sus actividades, se pudo identificar las causas y efectos de sus principales

problemas operativos, lo que servirá como base para efectuar planes de acción o mejoramiento y contribuir así al óptimo desarrollo de los procesos productivos.

4.2.1. Diseño del Plan de Mantenimiento de la Flota

Después de completar el AMEF, este se utilizó como base para elaborar una hoja de decisión que busca identificar y clasificar alternativas de solución de acuerdo al árbol lógico de decisión que se muestra en la Figura 2.4., logrando estructurar el mantenimiento centrado en la confiabilidad y seleccionar las actividades de mantenimiento adecuadas (Ver Anexo E).

Las tres primeras partes de la hoja de decisión, está dividida en: información de referencia, consecuencias de la evaluación y tareas que se deben realizar para prevenir los fallos.

En este sentido se determinó que:

Las tareas programadas en base a condición (Predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallas no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo.

Las tareas de reacondicionamiento, se refieren a las actividades periódicas que se llevan a cabo para restaurar un activo a su condición original.

Las tareas de sustitución (reemplazo programado), está orientado específicamente hacia el reemplazo de componentes

o partes usadas de un activo, por uno nuevo, a un intervalo de tiempo menor al de su vida útil (antes que falle).

Las tareas de búsqueda de fallas ocultas, consisten en acción de chequeo a los activos con funciones ocultas, a intervalos regulares de tiempo, con el fin de detectar si dichas funciones se encuentran en estado normal de operación o en estado de falla.

El rediseño se realizará para minimizar o eliminar las consecuencias de los modos de fallas, esto en caso que no se consigan actividades de prevención que ayuden a reducir los modos de fallas que afecten a la seguridad o al ambiente a un nivel aceptable.

4.2.2. Programa de mantenimiento

La concepción clásica del Mantenimiento Preventivo, implica la creación de un tablero de control, mediante el cual se implementa un cronograma de actividades con base a las frecuencias requeridas por los sistemas del equipo. En el caso de los vehículos móviles de transporte, los periodos están controlados por el kilometraje. Con el advenimiento de las nuevas teorías del mantenimiento como el Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), no se hace necesario el implicar toda una serie de actividades preventivas de orden mecánico, eléctrico y de instrumentación, puesto

que muchos de los componentes, asociados a estas operaciones y requerimientos pueden ser monitoreados mediante la implementación de un cronograma de inspecciones y el aporte del conductor. La aplicación de MCC disminuye la Carga de Trabajo del Mantenimiento Preventivo, con lo cual se aumenta la productividad de la mano de obra y por consiguiente realizar mantenimiento a un número mayor de equipos, con la misma cantidad de operarios de mantenimiento.

A continuación, se listan unas rutinas preventivas que se implementaran para mantener operativos los vehículos de carga. Dichas tareas son el fruto de haber filtrado con el MCC las actividades inicialmente recomendadas por los fabricantes de los equipos y las sugeridas por la experiencia del personal. Para diferenciar la aplicación de la tarea a realizar entre los sistemas de mantenimiento, se agregaron códigos que permitan identificar que tipo de tarea se va a ejecutar. Las nomenclaturas son las siguientes:

- Revisión, Servicio, Corrección o reemplazo según lo necesite: T1
- Reemplazo: T2
- Verificar según catálogos del fabricante: T3

Tabla. 4.12. Grupo de Tareas A con frecuencia diaria.

RUTINA DE MANTENIMIENTO: Daria		
SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO
SISTEMA MOTOR	Revision del aceite lubricante	T1
SISTEMA MOTOR	Bandas de transmisión	T1
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Revisión del tanque de combustible, drenar separadores de agua del sistema	T1
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Revisión de las líneas de combustible y mangueras flexibles	T1
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Verificar nivel de refrigerante	T1
SISTEMA DE AIRE	Revisión del Turbocargador	T1
SISTEMA ELÉCTRICO	Códigos activos en el tablero	T1
SISTEMA ELÉCTRICO	Baterías	T1

Fuente: El autor.

Tabla 4.13. Grupo de Tareas B con frecuencia mensual.

RUTINA DE MANTENIMIENTO: 300 Hrs ó 10.000 Km (Servicio Preventivo)			
SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	TIEMPO ESTIMADO (Hr)
SISTEMA MOTOR	Aceite lubricante	T2	0.5
SISTEMA MOTOR	Filtro de aceite lubricante	T2	0.75
SISTEMA DE AIRE	Filtro de aire	T2	0.25
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Drenar separadores de agua del sistema de combustible	T1	0.25
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Medir concentración del sistema de enfriamiento	T1	0.5
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Nivel de refrigerante	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Limpiar y ajustar tuercas de baterías y tornillos	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Fusibles	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Nivel de agua y batería	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Bombillos direccionales, luz alta y baja	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Sensores de temperatura y presión	T1	0.25
		TOTAL	4.25

Fuente: El autor.

Tabla 4.14. Grupo de Tareas C con frecuencia bimestral.

RUTINA DE MANTENIMIENTO: 600 Hrs ó 20.000 Km (Servicio Preventivo)			
SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	TIEMPO ESTIMADO (Hr)
SISTEMA MOTOR	Aceite Lubricante	T2	0.5
SISTEMA MOTOR	Filtro de Aceite lubricante	T2	0.75
SISTEMA MOTOR	Bandas	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Presión del Carter	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Presión de Aceite	T1	0.25
SISTEMA DE AIRE	Filtro de Aire	T2	0.25
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Filtro de Combustible Primario y secundario	T2	0.5
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Drenar separadores de agua del sistema de combustible	T1	0.25
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Medir concentración del sistema de enfriamiento	T1	0.5
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Nivel de refrigerante	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Limpiar y ajustar tuercas de baterías de tornillos	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Fusibles	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Nivel de agua en batería	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Bombillos direccionales, luz alta y baja	T1	0.25
Fuente: El autor.			TOTAL 5.25

Tabla 4.15. Grupo de Tareas D con frecuencia trimestral.

RUTINA DE MANTENIMIENTO: 900 Hrs ó 30.000 Km (Servicio Preventivo)			
SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	TIEMPO ESTIMADO (Hr)
SISTEMA MOTOR	Aceite lubricante	T2	0.5
SISTEMA MOTOR	Filtro de aceite lubricante	T2	0.75
SISTEMA DE AIRE	Filtro de aire	T2	0.25
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Drenar separadores de agua del sistema de combustible	T1	0.25
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Medir concentración del sistema de enfriamiento	T1	0.5
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Nivel de refrigerante	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Limpiar y ajustar tuercas de baterías y tornillos	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Fusibles	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Nivel de agua y batería	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Bombillos direccionales, luz alta y baja	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Sensores de temperatura y presión	T1	0.25
Fuente: El autor.			TOTAL 4.25

Tabla 4.16. Grupo de Tareas E con frecuencia cuatrimestral.

RUTINA DE MANTENIMIENTO: 1200 Hrs ó 40.000 Km (Servicio Preventivo)			
SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGO	TIEMPO ESTIMADO (Hr)
SISTEMA MOTOR	Aceite Lubricante	T2	0.75
SISTEMA MOTOR	Filtros de Aceite lubricante	T2	0.75
SISTEMA MOTOR	Sellos y Termostato	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Presión del Carter	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Presión de Aceite	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Bandas de transmisión	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Respiradero del carter	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Soportes del Motor	T1	0.25
SISTEMA MOTOR	Montaje Motor/Transmisión	T1	0.25
SISTEMA DE AIRE	Filtro de Aire	T2	0.25
SISTEMA DE AIRE	Compresor de Aire	T1	0.25
SISTEMA DE AIRE	Turbocargador	T1	0.25
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Filtro de combustible primario y secundario	T2	0.75
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Drenar separadores de agua del sistema de combustible	T1	0.25
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Radiador e Intercambiador de calor	T1	0.25
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Medir concentración del sistema de enfriamiento	T1	0.5
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Nivel de refrigerante	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Alternador	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Limpiar y ajustar tuercas de baterías de tornillos	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Fusibles	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Nivel de agua en batería	T1	0.5
SISTEMA ELÉCTRICO	Bombillos direccionales, luz alta y baja	T1	0.25
SISTEMA ELÉCTRICO	Motor de arranque	T3	0.5
SISTEMA ESCAPE	Tubo, Abrazaderas y Flexible	T1	0.25
Fuente: El autor.		TOTAL	8.75

Se debe precisar que estas frecuencias son típicas de cada flota, puesto que dependen del estilo de conducción, del régimen de trabajo, de la topografía del terreno, etc.

4.2.3. Documentación para el registro de la información del mantenimiento

Ante el programa de mantenimiento propuesto resulta necesario desarrollar los formatos que permitan tener un control más detallado de las revisiones, seguimiento e historial del vehículo con un manejo fiable de la información permitiendo evaluar en el momento que se desee el desempeño de la gestión de mantenimiento de cada vehículo perteneciente a la organización.

El contenido de los formatos, tendrá información clara y precisa de tal forma que los datos recolectados, serán interpretados fácilmente, permitiendo la planeación, ejecución y control de las acciones del mantenimiento (Ver Anexo F).

Tabla 4.17. Listado maestro de documentos

TIPO	DOCUMENTO
Inspección	Inventario de entrega de vehículo
	Revisión y mantenimiento del vehículo
Seguimiento	Orden de servicio
Histórico	Tarjeta de costos
	Hoja de vida

Fuente: El autor.

4.2.4. Implementación del plan de mantenimiento

Una vez concluido la etapa de elaboración del plan de mantenimiento se debe pasar a la etapa de implementación,

por lo que resulta necesario estructurar el proceso de implementación tal como se puede apreciar en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18. Estructura de la implementación

ETAPA	ACTIVIDAD	PROPOSITO	DIRIGIDO A	RESPONSABILIDAD
Implementación de la estrategia de mantenimiento.	Socialización de la estrategia de mantenimiento.	Capacitar al personal en cuanto a la nueva metodología de mantenimiento.	Directivos, técnicos de mantenimiento, choferes y ayudantes.	Jefe de mantenimiento.
	Capacitaciones desde el campo psicosocial.	Desarrollar la pertenencia, motivación, ergonomía, comunicación y desarrollo.	Técnicos de mantenimiento, choferes y ayudantes.	Recursos humanos.
	Realizar chequeos pre-operacionales.	Seguimiento del desempeño del vehículo.	Choferes y ayudantes.	Jefe de mantenimiento.

Fuente: El autor.

CONCLUSIONES

El Proceso del Mantenimiento con análisis de criticidad constituye una herramienta fundamental para definir una estrategia eficaz de mantenimiento y así poder alcanzar los objetivos de disponibilidad de los tracto-camiones, reduciendo la probabilidad de falla en la operación y garantizando que cuando los mismos ingresen al taller se le realicen solamente las tareas de mantenimiento mínimas necesarias, optimizando así también los recursos de la empresa.

Se encontró que una falta de control y seguimiento de las tareas de mantenimiento realizadas, repercute notoriamente en la rentabilidad de la actividad económica de la organización, ya que no existen listas de chequeo preoperacionales y controles respecto a las hojas de vida de los vehículos, predominando el mantenimiento correctivo.

El personal encargado de la conducción de los vehículos posee un conocimiento empírico de los procedimientos de mantenimiento preventivo. Situación que influye negativamente en el desempeño y el acercamiento hacia nuevos aprendizajes, estableciendo una resistencia hacia el cambio de enfoques que necesariamente guardan relación con el enfoque de mantenimiento preventivo y predictivo.

El proceso de análisis de criticidad por sí solo no asegura el logro de las metas de mantenimiento planteadas en los diversos formatos propuestos por este

proceso; se hace necesario, también involucrar a todas las personas del grupo de mantenimiento, líderes, Planeadores, Supervisores y técnicos para que con una visión clara de los objetivos y unas auditorias constantes a cada una de las estrategias implementadas para que se puedan alcanzar los objetivos propuestos.

RECOMENDACIONES

Elaborar prácticas operativas con la finalidad de que el personal de ejecución se adiestre en los procedimientos para realizar las actividades de mantenimiento.

Aplicar periódicamente indicadores de gestión del mantenimiento como disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, y el cumplimiento del programa de mantenimiento, para evaluar la gestión de mantenimiento.

Ejecutar análisis mensuales de costos de mantenimiento para determinar el valor promedio de la hora hombre del personal que labora

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Mora A. (2009). *Mantenimiento planeación, ejecución y control*. México: Editorial Alfaomega.

Arques J. (2009). *Ingeniería y gestión del mantenimiento en el sector ferroviario*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.

Águeda E. (2012). *Sistemas de transmisión y frenado: transporte y mantenimiento de vehículos, electromecánica de vehículos automóviles*. Madrid: Editorial Paraninfo.

Crespo A. (2011). *Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos*. Madrid: Editorial Aenor.

Paginas web

Volvo trucks (2012). *Manual de servicio camiones*. Recuperado de:
http://www.volvotrucks.com/SiteCollectionDocuments/VTNA_Tree/Mexico/pdf_files_/PV776-TSP188821.pdf

Daimler trucks (2008). *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/39655018/Manual-de-Mantenimiento-de-Camiones-de-Servicio-Pesado>

Fotón (2010). *Manual de mantenimiento y operación*. Recuperado de:
http://www.foton.com.co/sites/default/files/pdf_manuales_propietario/Manual%20cami%C3%B3n%20BJ1133.pdf

ANEXOS

ANEXO A: ANALISIS DE CRITICIDAD

ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE								
COMPONENTE	FRECUE NCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMI ENTO	TIEMPO PROME DIO PARA REPAR AR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCC ION	IMPACT O AMBIEN TAL	IMPACT O EN SALUD Y SEGURI DAD PERSON AL	IMPACTO EN SATISFAC CION AL CLIENTE	CRITICI DAD
Tanque de combustible	1	2	4	2	2	3	4	19
Bomba de cebado	1	1	1	3	1	1	4	10
Filtro de combustible	3	1	1	2	1	1	2	21
Válvula antiretorno	1	1	1	2	2	3	3	11
Bomba de inyección	2	2	2	3	1	1	4	28
Manómetro de nivel	1	1	1	2	1	1	2	7

ALIMENTACION DE AIRE								
COMPONEN TE	FRECUE NCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMI ENTO	TIEMPO PROME DIO PARA REPARA R	IMPACTO SOBRE LA PRODUCC ION	IMPACT O AMBIEN TAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURID AD PERSON AL	IMPACTO EN SATISFACC ION AL CLIENTE	CRITICID AD
Filtro de aire	2	1	1	2	1	1	4	18
Ducto de aire	1	1	2	3	1	1	3	12
Turbo compresor	1	2	2	3	1	1	2	12
Intercooler	1	2	2	2	1	1	3	11

REFRIGERACION								
COMPONENTE	FRECUE NCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMI ENTO	TIEMPO PROME DIO PARA REPAR AR	IMPACTO SOBRE LA PRODUC CION	IMPACT O AMBIEN TAL	IMPACT O EN SALUD Y SEGURI DAD PERSON AL	IMPACTO EN SATISFAC CION AL CLIENTE	CRITICI DAD
Radiador	2	2	2	3	1	1	2	24
Ventilador	1	1	2	3	1	1	2	11
Bomba de agua	1	2	3	3	1	1	2	15

Termostato	1	1	1	2	1	1	2	7
Enfriador de aceite	1	2	2	3	2	1	3	14
Líquido refrigerante	2	1	1	2	3	2	2	20
Manómetro de temperatura	1	1	1	1	1	1	1	5

LUBRICACION								
COMPONENTE	FRECUENCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE	CRITICIDAD
Filtro de aceite	2	1	1	2	1	1	2	14
Bomba de aceite	1	2	3	3	2	2	3	18
Aceite	1	1	1	2	2	1	2	8
Manómetro de presión	1	1	1	1	1	1	1	5

TRANSMISION								
COMPONENTE	FRECUENCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE	CRITICIDAD
Disco de embrague	2	3	3	3	1	1	2	32
Prensa de embrague	1	2	2	3	1	1	2	12
Caja de cambios	2	3	4	3	1	1	4	42
Cardan	3	3	4	4	1	2	4	78
Rodamientos	1	2	3	2	1	2	2	13
Ejes	1	3	4	4	1	2	4	26
Junta universal	1	1	2	3	1	2	3	13

ELECTRICO								
COMPONENTE	FRECUENCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE	CRITICIDAD
Batería	2	2	1	2	3	3	2	24
Generador	2	2	2	2	1	3	3	26
Motor de arranque	1	3	3	3	1	1	3	17

Caja de fusibles	2	2	1	3	1	3	2	22
Switch	1	1	1	3	1	2	2	9
Relay	1	2	1	3	1	1	2	9

SUSPENSION								
COMPONENTE	FRECUENCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE	CRITICIDAD
Muelle de hoja	2	3	3	2	1	3	2	30
Muelle de aire	2	3	3	2	1	2	2	28
Muelle	2	3	2	2	1	2	1	22
Amortiguador	2	2	2	2	1	2	1	20
Articulación	1	2	1	3	1	2	1	9
Abrazadera	2	1	1	2	1	2	1	14

DIRECCION								
COMPONENTE	FRECUENCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE	CRITICIDAD
Timón	1	1	3	4	1	4	4	22
Barra de dirección	1	3	4	3	1	4	4	24
Uniones universales	1	1	2	2	1	2	2	10
Caja de dirección	2	3	3	2	2	3	3	34
Articulaciones de dirección	1	3	1	2	1	2	2	10

FRENOS								
COMPONENTE	FRECUENCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL	IMPACTO EN SATISFACCION AL CLIENTE	CRITICIDAD
Actuador-freno de parqueo	1	1	2	2	1	4	1	11
Actuador-freno de tráiler	1	1	2	2	1	4	1	11
Freno de motor	1	1	4	3	1	4	2	20
Filtro de compresor	1	1	1	2	1	1	1	6

Compresor	1	2	2	3	1	4	2	15
Rodajes	3	1	2	3	1	4	2	42
Zapatas	3	2	2	3	1	3	3	45
Válvula de freno	1	1	2	3	1	4	4	16
Tambor de freno	3	2	2	3	1	4	2	45
Sensor de presión	1	1	2	3	1	4	2	14
Resorte de retorno	1	1	2	3	1	4	4	16

NEUMATICOS								
COMPONENTE	FRECUE NCIA DE FALLAS	COSTO DE MANTENIMI ENTO	TIEMPO PROME DIO PARA REPAR AR	IMPACTO SOBRE LA PRODUC CION	IMPACT O AMBIEN TAL	IMPACT O EN SALUD Y SEGURI DAD PERSON AL	IMPACTO EN SATISFAC CION AL CLIENTE	CRITICI DAD
Rines	2	2	1	3	1	2	2	20
Espárragos	1	2	1	3	1	2	2	10
Válvula de suministro de aire	2	1	1	2	1	2	2	16
Neumático delantero	2	2	2	3	1	2	2	26
Neumático tandem	2	2	2	3	1	2	2	26
Neumático tráiler	2	2	2	2	1	2	2	22

ANEXO B: FALLAS Y POSIBLES CAUSAS

PERDIDA TOTAL DE CORRIENTE	
Posibles Causas	Solución
Bornes sulfatados o flojos	Limpiar o ajustar
Batería descargada	Revisar o cambiar
Switch no funciona	Revisar o cambiar
Fusibles en mal estado	Revisar y cambiar

MOTOR NO ARRANCA O LO HACE CON DIFICULTAD	
Posibles Causas	Solución
Motor de arranque en mal estado	Revisión técnica
Batería descargada	Revisar o cambiar
Contactos en mal estado	Limpiar y ajustar
Fusibles en mal estado	Revisar y cambiar

MOTOR SE RECALIENTA	
Posibles Causas	Solución
Nivel de refrigerante insuficiente	Llenar y revisar tapa del radiador
Fugas en el sistemas de enfriamiento	Observar goteos y revisar tapa del radiador
Panel de radiador obstruido	Limpiar parte frontal del radiador
Presencia de aceite en el refrigerante	Revisión técnica
Sensor de temperatura no funciona	Reemplazar sensor
Ventilador no funciona	Ajustar correa o cambiar
Tapa de radiador dañado	Cambiar tapa

MOTOR ARROJA CANTIDAD EXCESIVAS DE HUMO	
Posibles Causas	Solución
La combustión es pobre de combustible (Humo blanco)	Revisar líneas de combustible, filtros de combustible o bombas de inyección. Revisión técnica.
Presencia de aceite en la combustión (Humo azul)	Revisar niveles de aceite. Revisión técnica.
La combustión es rica en combustible (Humo negro)	Revisar bomba de inyección. Revisión técnica

CONSUMO EXCESIVO DE COMBUSTIBLE	
Posibles Causas	Solución
Motor arroja humo negro	Revisar bomba de inyección. Revisión técnica
Fugas de combustible	Observar goteos y tapar
Filtro de aire obstruido	Limpiar o cambiar
Neumáticos bajos en aire	Medir presión de aire y regular
Neumáticos muy desgastados	Cambiar neumáticos
Sistema de frenos muy tensionados	Liberar tensión manteniendo operativo el sistema
Problemas en el sistema de embrague	Revisión técnica
Sistema de inyección en mal estado	Revisión técnica

CONSUMO EXCESIVO DE ACEITE	
Posibles Causas	Solución
Fugas de aceite	Observar goteo y corregir
Aceite inadecuado	Consultar manual de operación
Humo azul	Revisión técnica
Presencia de aceite en el refrigerante	Revisión técnica
Falta cambio de aceite	Consultar manual de operación
Filtro inoperante	Cambiar filtro

CONSUMO EXCESIVO DE ACEITE	
Posibles Causas	Solución
Sistema de embrague	Revisión técnica
Caja de cambios	Revisión técnica
Niveles de aceite	Suministrar aceite
Aceite inadecuado	Consultar manual de operación
Palanca de cambios obstruida	Revisión técnica

TIMON DEFECTUOSO	
Posibles Causas	Solución
Falta aceite en la bomba hidráulica	Eliminar fugas y suministrar aceite
Bomba hidráulica en mal estado	Revisión técnica
Dirección en mal estado	Revisión técnica
Unión universal en mal estado	Cambiar unión universal o lubricar
Terminales del sistema dañados	Cambiar terminales
Falta presión de aire en los neumáticos direccionales	Medir y regular presión de aire
Degaste severo en los neumáticos direccionales	Cambiar neumáticos
Degaste en la barra direccional	Revisión técnica

FRENOS DEFECTUOSOS	
Posibles Causas	Solución
Zapatas desgastadas	Tensionar o cambiar zapatas
Rodajas defectuosas	Cambiar rodajas
La calibración no es homogénea	Calibrar todas las ruedas
Rotura de diafragmas de las cámaras	Cambiar diafragmas
Rotura de mangueras del sistema	Cambiar mangueras
Compresor averiado	Revisión técnica
Fugas en válvulas de seguridad	Revisar y cambiar válvulas
Fugas en válvula relay	Revisión técnica

ROTURA DE NEUMÁTICOS	
Posibles Causas	Solución
Desgaste	Eliminar fugas y suministrar aceite
Terreno irregular	Revisión técnica
Recalentamiento	Revisión técnica
Exceso de carga	Cambiar unión universal o lubricar
Presión excesiva	Calibrar presión según fabricante
Choques repentinos	Conducción defensiva
Fallas de manufactura	Verificar garantía y cambiar
Falla por cuerpos extraños	Reparar o cambiar neumático

ROTURA DE HOJAS DEL MUELLE	
Posibles Causas	Solución
Vida útil	Cambiar muelle
Terreno irregular	Reducir velocidad
choques repentinos	Conducción defensiva
Exceso de carga	No exceder capacidad del vehículo

BATERÍA SE DESCARGA	
Posibles Causas	Solución
Insuficiente nivel de agua	Agregar agua hasta el nivel necesario
Generador averiado	Revisión técnica
Correa del generador dañado	Cambiar correa
Fusibles quemados	Cambiar fusibles
Sistema eléctrico con fugas	Calibrar y corregir
Vida útil	Cambiar batería

LUCES DEFECTUOSAS	
Posibles Causas	Solución
Fusibles quemados	Cambiar fusibles
Bombilla quemada	Cambiar bombilla
Mal contacto de la bombilla	Limpiar y ajustar bombilla
Fugas de corriente	Revisar y corregir fugas
Interruptores en mal estado	Cambiar interruptores

VIBRACIÓN IRREGULAR	
Posibles Causas	Solución
Sistema de frenado	Calibrar sistema
Uniones universales	Cambiar o lubricar uniones
Desbalanceo de las ruedas	Revisión técnica
Barras estabilizadoras dañadas	Reparar barras
Soportes de motor en mal estado	Cambiar soportes
Falta de alineación de ruedas	Revisión técnica

ANEXO C: GRADO DE RESPONSABILIDAD DEL OPERARIO

COMPONENTE	SISTEMAS	RESPONSABILIDAD COMPARTIDA	RESPONSABILIDAD RELATIVA	INSPECCIÓN Y SEGUIMIENTO
Radiador	Refrigeración			x
Ventilador	Refrigeración			x
Bomba de agua	Refrigeración			x
Termostato	Refrigeración			x
Enfriador de aceite	Refrigeración			x
Líquido refrigerante	Refrigeración		x	
Manómetro de temperatura	Refrigeración			x
Tanque de deposito	Alimentación de combustible			x
Bomba de cebado	Alimentación de combustible			x
Filtros de combustible	Alimentación de combustible		x	
Válvulas antiretorno	Alimentación de combustible			x
Bomba de inyección	Alimentación de combustible			x
Manómetro de nivel	Alimentación de combustible			x
Filtros de aire	Alimentación de aire		x	
Ductos de aire	Alimentación de aire			x
Turbocompresor	Alimentación de aire		x	
Intercooler	alimentación de aire			x
Filtros de aceite	Lubricación		x	
Bomba de aceite	Lubricación			x
Aceite	Lubricación		x	
Manómetros de presión	Lubricación			x
Interruptor maestro	Eléctrico			x
Switch	Eléctrico			x
Batería	Eléctrico		x	

Generador	Eléctrico			x
Motor de arranque	Eléctrico			x
Caja de fusibles	Eléctrico			x
Relay	Eléctrico			x
Manómetro de generación	Eléctrico			x
Disco de embrague	Transmisión	x		
Prese de embrague	Transmisión	x		
Caja de cambios	Transmisión	x		
Unión universal	Transmisión	x		
Unión deslizante	Transmisión	x		
Cardan	Transmisión	x		
Corona	Transmisión	x		
Rodamientos	Transmisión		x	
Ejes laterales	Transmisión	x		
Timón	Dirección		x	
Barra de dirección	Dirección		x	
Uniones universales	Dirección		x	
Caja de dirección	Dirección	x		
Terminales	Dirección	x		
Amortiguadores	Suspensión			x
Muelles delanteros	Suspensión	x		
Muelles tandem	Suspensión	x		
Muelles tráiler	Suspensión	x		
Bujes muelles	Suspensión		x	
Tornillos de centro	Suspensión			x
Válvula relay	Frenos			x
Actuador del freno de parqueo	Frenos			x
Actuador del freno de tráiler	Frenos			x
Freno de motor	Frenos			x
Filtro del compresor	Frenos		x	
Compresor	Frenos			x
Tanques de aire	Frenos			x
Válvulas de seguridad	Frenos			x
Válvulas de distribución	Frenos			x
Ductos flexibles de tráiler	Frenos			x

Ductos de aire	Frenos			x
Cámaras delanteras	Frenos		x	
Cámaras de seguridad	Frenos		x	
Cámaras traseras	Frenos		x	
Rodamientos	Frenos		x	
Zapatas	Frenos		x	
Resorte de recuperación	Frenos		x	
Campanas delanteras	Frenos			x
Campanas traseras	Frenos			x
Campanas de tráiler	Frenos			x

ANEXO D: TABLAS AMEF

HOJA DE INFORMACION		ACTIVO		SISTEMA	Recopilado Por	Fecha	Hoja
		COMPONENTE		REFERENCIA	Revisado Por	Fecha	De
		Camión		Sistema de Transmisión	Yasser Yarín	feb-13	1
		Disco de embrague		Mecánica			1
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)		
1	El embrague es un sistema que permite tanto transmitir como interrumpir la transmisión de una energía mecánica a su acción final de manera voluntaria. En un automóvil, por ejemplo, permite al conductor controlar la transmisión del par motor desde el motor hacia las ruedas.	A	El revestimiento se desgastó hasta la cabeza de los remaches	1	Alta frecuencia de arranques o técnica de manejo incorrecta	Ya no es posible que se efectúe una carga de sujeción completa del dispositivo de presión.	
		B	Revestimientos contaminados con aceite o grasa	1	Excesiva cantidad de grasa sobre el eje de entrada a la caja de cambios o el cojinete piloto.	Disminuye el valor de fricción de los revestimientos.	
		C	Los extremos del diafragma están muy desgastados o erosionados	1	Tubo guía desgastado.	Acción de carga de sujeción "bloqueada" porque se traba el mecanismo de desembrague o porque es parcialmente no efectiva debido a una elevada pre-carga.	
		D	Diafragma fracturado	1	Exceso de presión o sobrepaso del recorrido del mecanismo de desembrague	Los surcos del cubo se desgastaron debido a una muy ruda marcha del motor.	

HOJA DE INFORMACION		ACTIVO		SISTEMA	Recopilado Por	Fecha	Hoj a
		COMPONENTE		REFERENCIA	Revisado Por	Fecha	De
		Camión		Sistema de Transmisión	Yasser Yarín	feb-13	1
		Muelle de embrague		Mecánica			1
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)		
2	Los muelles están dispuestos circularmente para que resulte una	A	Trepidación	1	Vehículo excesivamente cargado, frenado constante con el motor,	Dificultades para realizar los cambios, crea ruidos incómodos, dificultando la transmisión de potencia.	

	presión más uniforme sobre la maza de embrague. Empujan al plato de presión por uno de sus dos extremos, apoyando el otro en la carcasa.				"jaloneo" del vehículo, manejo inadecuado, daños causados antes del montaje.	
--	--	--	--	--	--	--

HOJA DE INFORMACION		ACTIVO		SISTEMA		Recopilado Por	Fecha	Hoja
		Camión		Sistema de Transmisión		Yasser Yarín	feb-13	1
		COMPONENTE		REFERENCIA		Revisado Por	Fecha	De
		Caja de cambios		Mecánica				1
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA (Causa de la Falla)		EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)		
3	La caja de cambios es un elemento mecánico que transforma el par motor y las revoluciones desarrolladas por el motor para adaptar la fuerza a las condiciones de conducción sobre el terreno.	A	Ruidos al introducir cambios	1	Es posible que el mando de embrague esta desajustado	El desembrague no se completa al pisar el pedal por lo que la caja queda trabada.		
				2	Desgaste de los conjuntos sincronizadores			
		B	Dificultades al realizar los cambios de velocidad	1	Ausencia de los elementos encargados de que no puedan entrar 2 marchas a la vez	Al realizar un cambio de velocidad se produce un bloqueo de la caja de cambios.		
		C	Molestias durante la conducción	1	Los rodamientos sobre los cuales se apoyan el tren fijo puede estar desgastado	Cuando comienza la transferencia de potencia desde el motor se generan ruidos molestos que son percibidos por el conductor.		
		D	Transmisión deficiente	1	Desgaste de los rodamientos internos del diferencial, debido más que nada al término de la vida de uno o varios rodamientos, que nos da como resultado el desgaste y pérdida de las propiedades físicas del piñón	Debido al uso los rodamientos se presenta desgaste en los rodamientos que genera una falta de precisión entre los componentes cuando entran en contacto lo que genera cargas dinámicas variables sobre los componentes, así como vibraciones y ruidos.		

				y la corona.	
		E	Ruptura de componentes	1 El juego de piñón y corona son expuestos a trabajos o cargas superiores a las que están diseñadas para trabajar óptimamente.	Las cargas transportadas superan la capacidad del vehículo o pendientes elevadas genera un exceso de carga sobre la corona, piñón y componentes del mecanismo, provocando fatiga del material y ruptura de los componentes.
				2 Perdida de las propiedades mecánicas debido al calor excesivo causado de la falta de lubricación	

HOJA DE INFORMACION		ACTIVO		SISTEMA	Recopilado Por	Fecha	Hoja
		Camión		Sistema de Transmisión	Yasser Yarín	feb-13	1
		COMPONENTE		REFERENCIA	Revisado Por	Fecha	De
		Cardan		Mecánica			1
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA (Causa de la Falla)		EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)	
4	El cardán forma parte del sistema de transmisión del vehículo y permite realizar la unión de 2 ejes que giran pero a un ángulo diferente entre ellos, lográndose así gracias al cardán transmitir el movimiento mecánico de giro entre estos ejes sin importar su ángulo.	A	Transmisión deficiente	1	Presencia de corrosión en los componentes en la cruceta.	Cuando comienza la transmisión de torque desde el motor y los componentes entran en contacto continuo se generan cargas dinámicas que logran deformar las componentes y desgastan las superficies en contacto produciendo vibraciones y ruidos incómodos.	
				2	Falta de lubricación en las crucetas.		
				3	Eje propulsor desalineado.		
				4	Desgaste o rotura de los rodamientos de las crucetas o bolas en las juntas homocinéticas.		

HOJA DE INFORMACION		ACTIVO		SISTEMA		Recopilado Por	Fecha	Hoja
		COMPONENTE		REFERENCIA		Revisado Por	Fecha	De
		Camión		Sistema de Transmisión		Yasser Yarín	feb-13	1
		Árbol de transmisión		Mecánica				1
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de Función)		MODO DE FALLA (Causa de la Falla)		EFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)		
5	Su objetivo es trasladar las revoluciones desde la caja de velocidades hacia el diferencial y es utilizado en el caso de motores delanteros y propulsión.	A	Vibración intensa	1	Eje propulsor desalineado por deformación longitudinal	Cuando los componentes entran en contacto transmitiendo un giro sobre el árbol de transmisión se generan ruidos incómodos.		
				2	Presencia de corrosión			
				3	Cargas excesivas	Cuando el sistema es sometido a carga que excesivas se Rotura parcial o total		

ANEXO E: HOJA DE DECISION

HOJA DE INFORMACIÓN			ACTIVO				SISTEMA				Recopilado Por	Fecha	Hoja		
			VEHICULO DE CARGA				SISTEMA DE TRANSMISIÓN				Yasser Yarín		1		
			COMPONENTE				REFERENCIA				Revisado Por	Fecha	De		
							MECÁNICA						1		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	FM	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar el disco de embrague y revisar el grado de desgaste del revestimiento, adicionalmente verificar el estado de los remaches.	Semestral	Mecánico especializado
1	B	1	S	N	N	S	S						Revisar el engrase del eje de entrada y de los componentes aledaños que reducen la fricción de enganche. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar.	Semestral	Mecánico especializado
1	C	1	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma y del tubo guía, evaluar el nivel de desgaste. Lubricar de ser necesario. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar.	Semestral	Mecánico especializado
1	D	1	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma y reemplazarla si hay presencia de fisuras o fracturas. Lubricar de ser necesario.	Semestral	Mecánico especializado
2	A	1	S	N	N	S	S						Revise el disco de embrague y ejercite el muelle para verificar su elongación. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar.	Semestral	Mecánico especializado
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisar el ajuste del mando de embrague. Lubricar de ser necesario.	Semestral	Mecánico especializado

3	A	2	S	N	N	S	N	S						Revisar conjunto de elementos sincronizadores. Lubricar de ser necesario. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar.	Anual	Mecánico especializado
3	B	1	S	N	N	S	N	N	S					Revisar los rodamientos del tren fijo, verificando sus dimensiones y nivel de desgaste. Lubricar de ser necesario. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar.	Anual	Mecánico especializado
3	C	1	S	N	N	S	N	N	S					Revisar los rodamientos internos del diferencial, verificando sus dimensiones y nivel de desgaste. Lubricar de ser necesario. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar.	Anual	Mecánico especializado
3	D	1	S	N	N	S	S							Revisar dientes del piñón. De encontrar alguna fisura o rotura reemplazar. Lubricar de ser necesario.	Anual	Mecánico especializado
3	D	2	S	N	N	S	S							Revisar componentes y limpiar superficies para alcanzar una buena lubricación. De encontrar alguna pieza dañada reemplazar.	Anual	Mecánico especializado
4	A	1	S	N	N	S	N	S						Revisar componentes y limpiar superficies. De encontrar alguna pieza desgastada reemplazar. Lubricar de ser necesario.	Anual	Mecánico especializado
4	B	1	S	N	N	S	N	S						Limpier componentes y lubricar adecuadamente.	Semestral	Mecánico especializado
4	C	1	S	N	N	S	S							Revisar alineamiento del eje y si existe deformación realizarla sustitución de los componentes dañados. Lubricar de ser necesario.	Semestral	Mecánico especializado
4	D	1	S	N	N	S	N	N	S					Revisar los rodamientos, verificando sus dimensiones y nivel de desgaste. Lubricar de ser necesario. De encontrar alguna pieza desgastada	Anual	Mecánico especializado





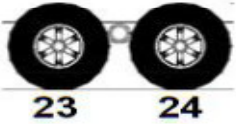




															reemplazar.		
5	A	1	S	N	N	S	S								Revisar alineamiento del eje y realizar sustitución de ser necesario.	Anual	Mecánico especializado
5	A	2	S	N	N	S	N	S							Limpiar superficies y verificar nivel de desgaste.	Anual	Mecánico especializado
5	A	3	S	N	N	S									Revisar el eje y de encontrar alguna fisura o rotura reemplazar.	Anual	Mecánico especializado

ANEXO F: DOCUMENTACION PARA EL REGISTRO DE INFORMACION

INVENTARIO DE ENTREGA DE VEHICULOS									
VEHICULO PROPIO			VEHICULO DE TERCERO			PROPIETARIO			
FECHA DE ENTREGA			NUMERO DE LICENCIA			NOMBRE DEL CHOFER			
TRACTO CAMION	Placa		SEMIREMOLQUE	Placa		CELULAR PERSONAL			
	Marca			Marca		N° de Compartimientos			
	Modelo			Modelo		Capacidad Gal.			

TRACTOCAMION	CRITERIO			TRACTOCAMION	CRITERIO			KIT DE HERRAMIENTAS	CRITERIO			KIT DE HERRAMIENTAS	CRITERIO		
	B	R	M		B	R	M		B	R	M		B	R	M
Estado cabina				Panel de instrumentos				3 conos				Material absorbente			
Silla y apoya cabeza del conductor				Luces indicadores del tablero				Gato				1 Litro de desengrasante			
Sistema neumático silla del conductor				Pito eléctrico				Palanca				10 paños absorbentes			
Cinturón de seguridad				Cornetas				Copa				1 barrera de polipropileno			
Dirección				Panorámico				Juego de llaves				30 cms de cinta de señalización			
Sistema de encendido y apagado del motor				Limpia parabrisas				Botiquín				10 bolsas plásticas			
Inspección general del motor				Espejos retrovisores				Cascos				10 lonas			
Instalaciones eléctricas del motor				Extintor cabina				Guantes de nitrilo				1 balde			
Baterías cubiertas y bomes aislados				Sistema de aire				Guantes de camaza				1 pala metálica			
Interruptor eléctrico central master				Guarda polvos				Respirador para gases				1 pala plástica			
Tanque de combustible				Sistema de amortiguación-muelles bombonas				Chaleco reflectivo				1 pica			
Exosto retirado del tanque				Quinta rueda y king ping				Amnés certificado				1 machete			
Pasamanos de acceso al cabezote				GPS - marca				Eslinga certificada				10 m de manila			
Logo de la empresa				Avisos de peligro adelante				Cable 7 vías				1 jabón de barra			
Freno de seguridad				Aviso UN				Extintores de (20 y 10)				1 masilla epoxica			
Alarma de retroceso				Aviso de prohibido llevar				Linterna				1 martillo de goma			

REVISION Y MANTENIMIENTO DEL VEHICULO																	
NOMBRE DEL CONDUCTOR										CEDULA							
TELEFONO EMPRESA										CELULAR JEFE DE MANTENIMIENTO							
TRACTO CAMION	Placa				SEMI-MOLQUE	Placa								Capacidad del tanque			
	Marca					Marca								Capacidad de carga bruta			
	Modelo					Modelo								Capacidad de carga neta			
VENCIMIENTOS IMPORTANTES					Día	Mes	Año							Día	Mes	Año	
SOAT								Certificado de luz negra									
Revisión Tecno mecánica y de gases								Póliza todo riesgo									
Póliza de hidrocarburos								Licencia de conducción									
CHEQUEO DEL CABEZOTE					DIA		DIA		DIA		DIA		DIA		DIA		
REVISIONES DIARIAS					CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		
					SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Nivel del aceite del motor																	
Nivel del refrigerante																	
Nivel del aceite hidráulico																	
Nivel del líquido limpia parabrisas																	
INSPECCIONES DIARIAS																	
LUCES	Altas																
	Bajas																
	Direccionales																
	Parqueo																
	Freno																
	Reversa																
	Cabina																
Cocuyos																	
No fugas notables de aceite																	
Motor enciende y apaga																	
Alarma de reversa																	

MANTENIMIENTO PROGRAMADO		DIA		DIA		DIA		DIA		DIA		DIA		DIA	
REVISIONES SEMANALES		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Presión de aire en los neumáticos															
Nivel de desgaste en los neumáticos															
Neumáticos	Direccionales														
	1														
	2														
	Tracción														
	3-4														
	5-6														
	7-8														
	9-10														
	Repuestos														
	23														
	24														
	Tráiler														
	11-12														
	13-14														
	15-16														
	17-18														
	19-20														
	21-22														
Calibración de frenos															
Revisión de uniones universales															
Engrase															
OBSERVACIONES:															

MANTENIMIENTO PROGRAMADO	DIA		DIA		DIA		DIA		DIA		DIA	
Kilometraje												
REVISIONES MENSUALES	CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Cambio filtro(s) del combustible												
Cambio filtro(s) de aceite												
Cambio de aceite												
Limpieza Filtro(s) de aire												
Revisión del sistema de frenos												
Chequeo y limpieza bornes batería												
Tensión de correas del motor												
Limpieza general del motor												
OBSERVACIONES:												

MANTENIMIENTO PROGRAMADO	DIA		DIA		DIA		DIA	
Kilometraje								
REVISIONES TRIMESTRALES	CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE		CUMPLE	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Cambio de filtros de aire								
Revisión o cambio de rodamientos ruedas								
Cambio de zapatas si es necesario								
Cambio de rodajas								
OBSERVACIONES:								

MANTENIMIENTO PROGRAMADO	DIA		DIA	
Kilometraje				
REVISIONES SEMESTRALES	CUMPLE		CUMPLE	
	SI	NO	SI	NO
Revisión del nivel y sedimento del aceite de la caja				
Revisión del nivel y sedimento de aceite del diferencial				
Revisión del estado general de la quinta rueda				
Cambio de aceite hidráulico de la caja de dirección				
OBSERVACIONES:				

MANTENIMIENTO PROGRAMADO	DIA	
Kilometraje		
REVISIONES ANUALES	CUMPLE	
	SI	NO
Revisión de la caja de velocidades		
Revisión del clutch		
Revisión de los diferenciales		
Cambio de aceite de la caja		
Cambio de aceite del diferencial		
Revisión aire acondicionado		
OBSERVACIONES:		

ORDEN DE SERVICIO						Intervención N°	
						Orden de servicio N°	
NOMBRE DEL CONDUCTOR							
CEDULA						Motivo de la intervención	
TRACTO CAMION	Placa		SEMIREMOLQUE	Placa		Mantenimiento programado	
	Marca			Marca		Falla	
	Modelo			Modelo			

Fecha de paro del vehículo				Hora de paro del vehículo			
Tipo de inversión		Mecánica		Eléctrica		Electrónica	
		Neumática		Lubricación		Especializada	
Grado de prioridad		Urgente		Importante		Normal	
Descripción de la falla:							
Descripción de la reparación:							
Repuestos:							
Costo total de mantenimiento							

HOJA DE VIDA									
TRACTOCAMION									
PLACAS				PROPIETARIO					
MARCA				FECHA DE COMPRA					
MODELO				PROVEEDOR					
CILINDRAJE				COLOR					
SEMIREMOLQUE									
PLACAS				FECHA DE COMPRA					
MARCA				PROVEEDOR					
MODELO				TIPO DE REMOLQUE					
FECHA	N° ORDEN DE TRABAJO	TIPO DE MANTENIMIENTO		DESRIPCIÓN DE LA FALLA	DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO	KILOMETRAJE	HORAS DE SERVICIO	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES
dd/mm/aa		MP	MC						